В. Г. МУЗАФАРОВ

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ







В. Г. МУЗАФАРОВ

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ
ПО ФАКУЛЬТАТИВНОМУ КУРСУ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1979

Рекомендовано
Главным управлением школ
Министерства просвещения СССР

Валей Галеевич Музафаров

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ

ИБ № 3960

Редактор *Т. Д. Сигунова.* Редактор карт *М. Я. Подольская.* Художественный редактор *Е. Н. Ускова.* Технические редакторы *Е. Н. Зелянина, Р. С. Еникеева.* Корректор *Т. Ф. Алексина.*

Сдано в набор 13.12.78. Подписано к печати 25.04.79. А 03839. 60×90[1]/16. Бум. типогр. № 2. Гарн. литер. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,0+1 п. л. вкл. Уч.- изд. л. 10,3+0,62 вкл
Тираж 21000 экз. Заказ № 877. Цена 50 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Саратовский ордена Трудового Красного Знамени полиграфический комбинат Росглавполиграфпрома Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Саратов, ул. Чернышевского, 59.

Музафаров В. Г.

М89 Основы геологии: Пособие для учащихся. Факультативный курс. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Просвещение, 1979. — 160 с., ил.

М $\frac{60601 - 478}{103(03) - 79}$ инф. письмо 4306030000 ББК 26.3 552

ВВЕДЕНИЕ

Геология — наука о происхождении, составе, строении и развитии Земли и органической жизни на ней. Название это произошло от двух греческих слов: «гео» — земля, «логос» — учение.

Объект исследования геологии — Земля — является основой, на которой строится вся современная жизнь человека, культура и цивилизация. Неживая природа, представленная минералами, — основа возникновения жизни на Земле. Первые орудия труда, сделанные из камня, создали человека.

В основе современной экономики лежит использование минерального сырья. Без минерального сырья или продуктов его переработки в настоящее время не обходится ни одна отрасль промышленности. Вся хозяйственная деятельность человека неразрывно связана с использованием земных богатств. Из всех природных ресурсов на долю минерального сырья приходится около 80%.

Советский человек должен не только добывать из недр Земли минеральные богатства, но и думать о разумном использовании нашей планеты — места его обитания. Вопросы целесообразного и более полного использования земного пространства для нужд человечества становятся злободневной проблемой. Это ставит перед человечеством важную задачу — всесторонне изучать всю Землю: земную кору и внутренние части нашей планеты.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательных школ и подготовки их к труду» (декабрь 1977 г.) сказано, что «выпускники средней школы за период учебы должны овладеть глубокими знаниями основ наук, трудовыми навыками для работы в народном хозяйстве, вплотную подойти к овладению определенной профессией». Решению этой задачи способствует данный факультативный курс.

Для развития хозяйства страны надо иметь не только достаточные запасы минерального сырья, но и располагать всем их разнообразием.

В царской России многие ископаемые богатства нашей страны оставались неизвестными. Обнаруженные полезные ископаемые

хищнически разрабатывались преимущественно иностранными капиталистами. По выявленным запасам многих основных видов минерального сырья царская Россия занимала одно из последних мест в мире.

Советский Союз по разведанным запасам большинства видов минерального сырья занимает ведущее место в мире, он является крупнейшей минерально-сырьевой державой.

Геологоразведочные работы в нашей стране получили небывалый размах в годы Советской власти. Советская геологическая служба располагает современной техникой и специалистами высокого класса.

В последнее время стали широко применяться новые научные методы геологической разведки: магнитометрический, сейсмометрический, гравиметрический, радиометрический, бактериологический, газовый и др.

Магнитометрический метод применяется большей частью при поисках магнитного железняка — самой богатой железом руды. В районах скопления магнитного железняка наблюдаются магнитные аномалии, вызванные магнитными действиями этого полезного ископаемого. Обнаруживая и изучая магнитные аномалии, геологи выявляют районы распространения железных руд и занимаемую ими площадь.

Метод сейсмометрии основан на определении скорости распространения сейсмических колебаний в горных породах. В рудных телах волны распространяются с большей скоростью, что дает возможность отличить их от пустой породы.

Гравиметрический метод основан на изучении силы тяжести, которая меняется в зависимости от плотности пород, слагающих отдельные участки земной коры. Хорошие результаты дает этот метод при разведке нефтяных месторождений.

Компасом геологов служат радиоволны, проходящие через рудные тела быстрее, чем через пустые породы. Чувствительная аппаратура фиксирует повышение напряженности поля и определяет местонахождение рудного тела.

При поисках месторождений нефти используются бактериологический и газовый методы, основанные на обнаружении в подпочвенных слоях особых газов и бактерий, окисляющих углеводороды, присущих нефтеносным районам.

Новый геохимический метод поиска рудных месторождений дает возможность, изучая образцы горных пород, залегающих на поверхности, определять присутствие руд на глубине. Основой этого метода служит изучение «ореолов рассеяния металлов», которые обнаруживают в почвах, растениях, водах. Горные породы, окружающие рудные концентрации, содержат микроскопические вкрапления рудных минералов, обнаруживаемых тонкими анализами (спектральный и др.). С помощью нейтронных потоков в породах определяют присутствие даже минимальных количеств различных металлов.

Растения-индикаторы указывают на распространение тех или иных металлов. Так, например, на содержание в почве цинка указывает фиалка трехцветная, меди — растение качим, молибдена — зверобой и т. д. Известно около 30 видов растений, помогающих верно прогнозировать наличие подземных кладов. Для разведки сульфидных руд используют собак-рудоискателей, которые отыскивают эти руды по специфическому запаху, если руды залегают даже на глубине 12 м.

В настоящее время развиваются математическая геология, аэрогеология. Аэрогеологи проводят картирование по аэросъемкам. В наше время существуют и «морские геологи», изучающие геологические особенности и минеральные богатства океанов и морей.

Будущее поисковых работ за теоретическим прогнозированием, основанным на изучении геологических закономерностей, определяющих происхождение и размещение полезных ископаемых. При изучении закономерностей размещения рудных месторождений особенно важно выявить признаки влияния на земную кору процессов, протекающих в глубинных зонах Земли.

Решениями XXV съезда КПСС предусмотрено дальнейшее расширение работ по геологическому изучению земной коры и верхней мантии Земли в целях исследования процессов формирования и закономерностей размещения полезных ископаемых.

Советские геологи оказывают большую помощь социалистическим и развивающимся странам в освоении природных ресурсов — в выявлении месторождений минерального сырья.

Геология, изучая земные толщи, образовавшиеся в течение многовековой истории Земли, восстанавливает прошлое нашей планеты и историю развития органической жизни на ней. Слои земной коры являются своеобразным естественным музеем огромных размеров, в котором послойно экспонируются окаменелые остатки органического мира, начиная с его простейших представителей до современных высокоорганизованных форм. Земные слои как книга, в которой «записана» продолжительная, сложная и интересная история развития Земли. Не все могут читать эту «книгу», так как необходимо иметь геологические знания.

Изучение геологического прошлого Земли и сохранившихся в земной коре остатков вымерших организмов позволяет восстановить историю развития неживой и живой природы, определить взаимосвязь между ними и выявить закономерности в развитии земной коры и органической жизни на Земле.

Геология дает фактический материал для диалектико-материалистического понимания природы и подтверждения правильности эволюционного учения. Геология имеет образовательное, воспитательное, научное, теоретическое и практическое значение. Геология дает неоспоримые доказательства материальности мира, вскрывает диалектические закономерности развития Земли.

Для развития геологии много сделали русские и советские геологи.

Один из основоположников геологии как науки — выдающийся ученый второй половины XVIII в. *Михаил Васильевич Ломоносов* (1711—1765). Он понимал развитие Земли как процесс непрерывного поступательного движения, выделил две основные силы, действующие на Земле, — внутренние и внешние; при объяснении геологического прошлого Земли применил метод сравнения с совершающимися геологическими процессами. Прогрессивные, материалистические взгляды М. В. Ломоносова намного опередили научную мысль того времени.

Основоположником советской геологии заслуженно считается *Александр Петрович Карпинский* (1847—1936), работы которого получили мировое признание. Стратиграфическая классификация осадочных толщ земной коры, предложенная А. П. Карпинским, была принята Международным геологическим конгрессом в 1880 г. и до сих пор существенно не изменилась. А. П. Карпинский первый составил палеографические (древнегеографические) карты для европейской части России и Урала. Карпинский был одним из пионеров в создании палеогеографии и палеоокеанографии. Им были составлены первые тектонические карты Урала и европейской части страны. Основы учения о платформах — более устойчивых участках земной коры — были заложены им в конце XIX в. А. П. Карпинский был первым президентом Академии наук СССР.

Алексей Петрович Павлов (1854—1929) — советский геолог, один из крупнейших русских геологов конца XIX и начала XXв. — работал в области стратиграфии, палеонтологии, четвертичной геологии, геоморфологии, инженерной геологии. Впервые разработал четвертичную историю Восточно-Европейской равнины и выдвинул представление о трехкратном ее оледенении, расчленил ледниковые и межледниковые отложения, выделил два новых типа континентальных отложений — делювий и пролювий, участки платформ, склонные к опусканиям, — синеклизы. Разработал классификацию оползней и методы борьбы с ними.

Основатель геологии Сибири — знаменитый путешественник и исследователь *Владимир Афанасьевич Обручев* (1863—1956) — большое внимание уделял вопросам происхождения лёсса, оледенению и многолетней мерзлоте, тектонике (предложил термин «неотектоника» — современная тектоника), геологии месторождений золота Сибири. Исследования В. А. Обручева изменили представления о геологии и географии многих участков в Центральной Азии. Им написан ряд фундаментальных работ. Среди них «Геология Сибири» в трех томах, «История геологического исследования Сибири» в четырех томах и девяти выпусках пятого тома, в которых систематизирован и проанализирован огромный материал по геологии Сибири. В. А. Обручев — автор многих учебников, научно-популярных и научно-фантастических книг по геологии.

Иван Васильевич Мушкетов (1850—1902) — известный геолог и географ, исследователь Урала, Средней Азии и Кавказа, по-новому решил задачи геологических исследований, уделив главное

внимание тектоническим, сейсмическим и геоморфологическим процессам. Изучал причины и последствия землетрясений.

Владимир Иванович Вернадский (1863—1945) — основоположник геохимии — учения о миграции химических элементов в Земле, биогеохимии — учения о роли живых организмов в геологических процессах, радиогеологии — учения о роли радиоактивных элементов в эволюции Земли и учения о биосфере. Он выдвинул идею о тесной генетической связи оболочек земной коры между собой. Он выступил как новатор и реформатор минералогии, развил генетическую минералогию. В. И. Вернадский положил в основу минералогии изучение минералогических процессов земной коры, обратил внимание на динамическое изучение процесса, а не только на статическое изучение его продуктов (минералов). Учение о строении силикатов и алюмосиликатов, разработанное им, легло в основу современной кристаллографии. Он доказал, что алюминий в алюмосиликатах выполняет такую же кислотную роль, как кремний (элемент, обладающий основными свойствами). Разработал теорию каолинового ядра в строении алюмосиликатов и доказал, что в основе строения алюмосиликатов лежит каолиновое ядро. Парагенезис (естественные ассоциации) минералов он рассматривает как важный критерий в познании их происхождения. Он установил «природные изоморфные ряды», выделил элементы, которые встречаются совместно, могут заменять друг друга в минералах. Учение о парагенезисе и изоморфных рядах составило основу одного из научных методов поисков полезных ископаемых.

Иван Михайлович Губкин (1871—1939) почти 15 лет был школьным учителем и только в сорокалетнем возрасте, окончив горный институт, начал заниматься геологией. В изучении нефтяных месторождений СССР он достиг очень больших успехов. Его труд был высоко оценен советским народом, он был избран в действительные члены Академии наук СССР, был ее вице-президентом.

Велики и разнообразны минеральные богатства нашей Родины. Огромных успехов достигли советские геологи в их изучении. Но мы еще не можем сказать, что разведаны все сокровища, таящиеся в недрах страны. Геологи продолжают трудиться. Мужественна и романтична их профессия. Ее выбирает тот, кто любит природу, кто хочет разгадать ее тайны и познать закономерности развития. Много еще предстоит сделать человечеству, чтобы изучить нашу планету и другие небесные тела.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

50 лет советской геологии. М., Недра, 1968.
Детская энциклопедия. Изд. 2-е, т. 1. М., 1965.
Кузнецов С. С. *Отечественные геологи.* М., Учпедгиз, 1958.
Малахов А. А. *Сто профессий геолога.* М., Молодая гвардия, 1963.

ЗЕМЛЯ

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Вопрос о внутреннем строении Земли — один из самых сложных, интересных и важных вопросов современной геологии. В связи с широким использованием минеральных богатств, лежащих близко к земной поверхности, и некоторым истощением запасов этих богатств встала проблема исследования, освоения и использования полезных ископаемых, залегающих в более глубоких слоях. Полезные ископаемые, лежащие в верхней части земной коры, составляют лишь $^1/_{10}$ минеральных богатств Земли. Основные минеральные богатства лежат ниже.

Большинство рудных ископаемых зарождается на больших глубинах. Весь разнообразный комплекс полезных ископаемых определяется химическим составом внутренних зон Земли. Поэтому весьма важно определить состав и строение внутренних оболочек Земли. Очень важно иметь представление об источниках и способах переноса вещества глубинных зон Земли на поверхность, приводящего к образованию месторождений полезных ископаемых глубинного происхождения. Зная глубинное строение Земли, можно более целенаправленно и успешно организовать поисково-разведочные работы. Изучение внутреннего строения, вещества Земли и ее эволюции имеет глобальное значение. Будущее человечества зависит от использования внутренних ресурсов Земли.

Изучение глубинных зон Земли представляет интерес не только с точки зрения добычи минерального сырья, но и в том отношении, что с глубинными зонами тесно связаны процессы, влияющие на строение и изменение земной коры: складкообразовательные, разрывообразовательные, колебательные движения, землетрясения, вулканизм и др. Кроме того, изучение глубинных зон Земли имеет значение для выяснения множества вопросов о геологическом прошлом нашей планеты.

Изучение внутреннего строения Земли — это одна из самых сложных проблем. Трудность выяснения внутреннего строения Земли заключается в том, что глубинные участки Земли недоступны непосредственному наблюдению. Самая глубокая шахта «Ист-Рэнд» (Южная Африка) достигает глубины 3428 м. Эта глубина составляет ничтожный процент от радиуса Земли, равного 6371 км.

Самые глубокие ущелья достигают глубины 2 км (каньон реки Колорадо в Северной Америке). Самая глубокая нефтяная скважина имеет глубину 9600 м (США, штат Оклахома, 1976).

В недалеком будущем с целью изучения глубинных зон Земли предполагают пробурить в земной коре сверхглубокие скважины, но проходка одной такой скважины при современных методах бурения займет немало времени. Следовательно, нужны новые, более эффективные методы бурения. Над этой проблемой работают советские и зарубежные специалисты.

На Кольском полуострове, в районе города Заполярного (Мурманская область), пробурена скважина глубиной 9000 м (1979) — первая в мире скважина, пробуренная на такую глубину в твердых кристаллических породах. Бурение Кольской скважины продолжается. Проектная глубина ее — 15 км. В Советском Союзе вторая сверхглубокая, 15-километровая скважина заложена на площади Саатлы, в 200 км юго-западнее Баку. Но даже сверхглубокая скважина — это всего лишь укол в недра Земли.

Считаясь с ограниченными возможностями глубинного бурения, ученые применяют и косвенные приемы исследования земных недр. Например, при процессах горообразования нижние слои будут приподняты. Изучение этих пород дает возможность иметь более или менее достоверные сведения о составе верхней оболочки Земли до глубины 15—20 км. Выход на дневную поверхность расплавленных масс из глубинных зон Земли при вулканических извержениях дает возможность судить о вещественном составе внутренних слоев Земли. В рифтовых долинах океанов — гигантских трещин глубиной в несколько километров — находят горные породы, близкие по составу к веществу верхней мантии.

Судить о веществе внутренних зон Земли можно по метеоритам. Метеориты — современники первых этапов развития солнечной системы, в частности нашей планеты.

Изучение других планет важно для расширения знаний о происхождении, эволюции и внутреннем строении Земли.

Большое значение для изучения внутреннего строения Земли имеют геофизические методы, а из них наиболее важен сейсмический метод, основанный на изучении скорости распространения в земле колебаний, вызванных землетрясениями или искусственными взрывами. Сейсмические волны, возникающие при землетрясениях, проходя через толщу Земли, меняют скорость, что указывает на неоднородность состава и неодинаковую плотность внутренних частей Земли. Средняя скорость распространения продольных волн в земной коре — 5,5 км/с. На глубине около 50 км скорость резко меняется (8 км/с), затем она резко меняется еще раз на глубине 2900 км (13 км/с), и в ядре Земли эта скорость равна 8 км/с. Таким образом, устанавливаются две поверхности резкого изменения скорости волн землетрясений: на глубинах около 50 и 2900 км. На основании новейших исследований в настоящее время в науке общепризнано внутреннее оболочное строение Земли.

Земля состоит из трех оболочек (геосфер): внешней тонкой коры, промежуточной мощной мантии и внутренней — центрального ядра.

Земная кора — самый верхний слой, имеющий среднюю мощность около 50 км.

Земная кора — самая тонкая облочка, ее толщина менее 1% от радиуса Земли, объем — 1,2%, масса — 0,5%. Поверхность, отделяющая земную кору от подкорового вещества, впервые установил югославский ученый А. Мохоровичич; она и получила название поверхности раздела или линии Мохоровичича (сокращенно Мохо). Эта поверхность на разных участках лежит на различной глубине.

Мантия простирается от границы с земной корой до глубины 2900 км и имеет мощность около 3000 км. Мантия занимает 83% Земли по объему и 67% по массе. Делится на нижнюю и верхнюю.

Верхняя часть подкоровой оболочки до глубины 900 км называется верхней мантией, от 900 до 2900 км — нижней мантией.

Верхняя мантия неоднородна под различными геологическими структурами: она неоднородна в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Под тектонически активными регионами (области сжатия и растяжения литосферы) на глубинах свыше 100 км находятся мощные астеносферные слои. Нижняя граница астеносферы находится на глубине 250–350 км. Астеносфера характеризуется пониженной вязкостью и плотностью, большей пластичностью, что подтверждается уменьшенными скоростями сейсмических волн. Астеносфера — неустойчивая сфера. На этой границе происходит начало плавления или кристаллизация составных частей мантии. В астеносфере образуются конвективные потоки, течения. Благодаря этому вещество астеносферы может перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях. Эти движения вызывают глубинные разломы в литосфере, к которым приурочены очаги землетрясений. В зонах ослабленного давления происходит магмообразование.

Развитие земной коры обусловлено процессами, происходящими в верхней мантии. Движение мантийных масс приводит к вздыманию одних участков земной коры, погружению других. Так образуются горы и впадины. С верхней мантией связана геологическая история нашей планеты, образование современных континентов и океанов. Здесь же зарождаются расплавы, внедрение которых в земную кору приводит к образованию месторождений полезных ископаемых глубинного происхождения.

При остывании и кристаллизации вещества астеносферы образуется литосфера. Земная кора — верхний слой литосферы — продукт физико-химической эволюции вещества верхней мантии в течение геологического времени. В процессе геологической истории земная кора постепенно утолщалась, стабилизировалась и дифференцировалась на океанический и континентальный типы. Литосфера включает в свой состав земную кору и верхнюю часть верхней

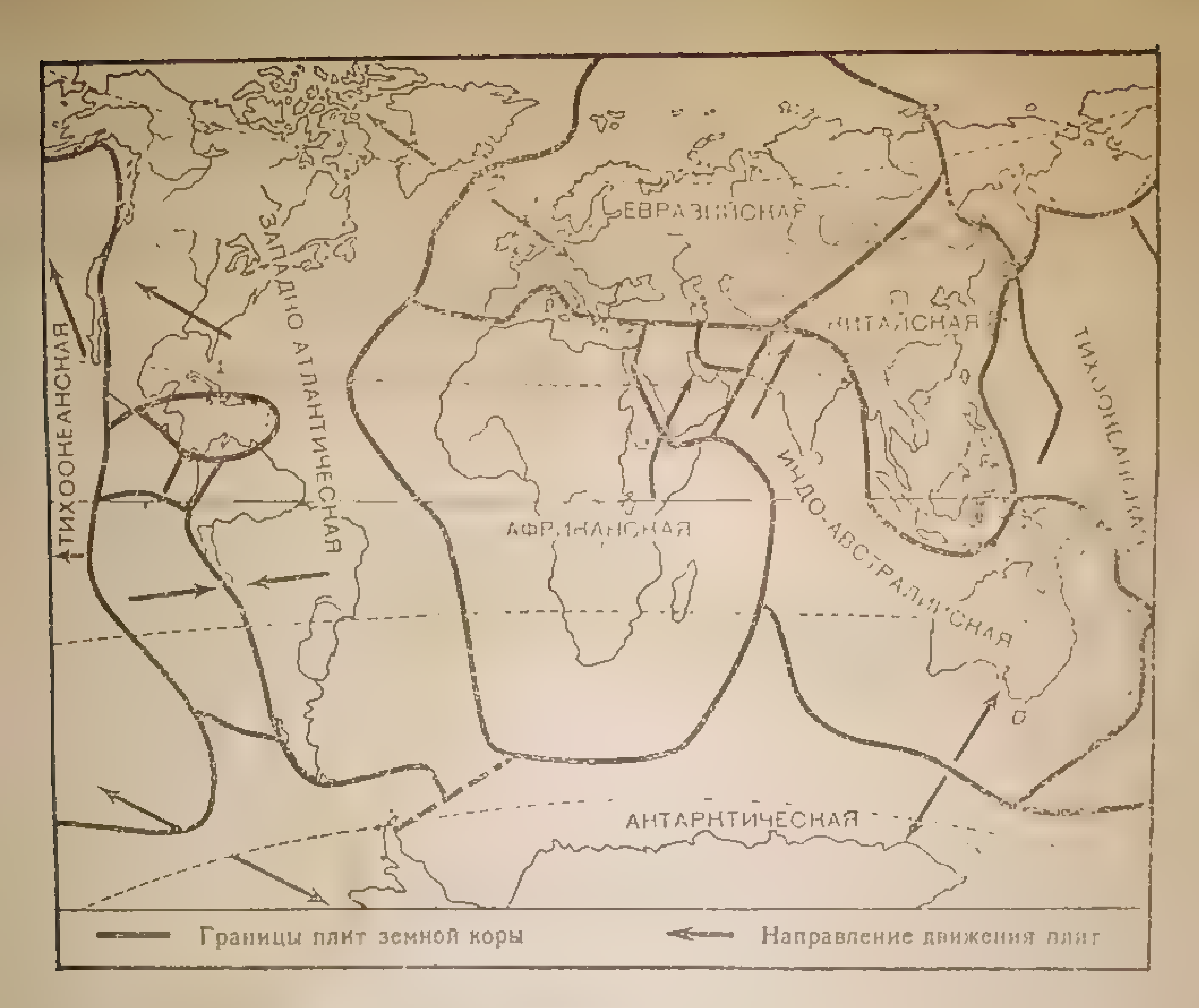


Рис. 1. Плиты земной коры

мантии, выше астеносферного слоя. Средняя толщина литосферы в океанах 70—80 км, на континентах — 120—140 км.

Благодаря тому что литосфера покоится на верхней мантии, находящейся в пластичном и частично расплавленном состоянии, происходят разрывы по вертикали и горизонтальные смещения глыб твердой оболочки Земли. Выделяют следующие основные литосферные плиты: Западно-Атлантическую, Евразийскую, Китайскую, Африканскую, Индо-Австралийскую, Антарктическую, Тихоокеанскую (рис. 1). Площадь этих плит несколько миллионов квадратных километров. Это относительно жесткие элементы, между ними располагаются активные подвижные пояса.

Вертикальные и горизонтальные перемещения литосферных плит связаны с фазовыми преобразованиями в минеральных соединениях, с изменениями давления, температур и плотности. Различают:

з о н ы р а з д в и ж е н и я п л и т (рифтовые зоны, где происходят расколы и раздвигание плит);

з о н ы с ж а т и я п л и т, поддвигание одной плиты под другую. Происходит сдавливание литосферных плит: поддвигание океанической коры под океаническую (Курилы), или океани-

ческой под континентальную (Камчатка), или континентальной под континентальную (Альпы, Кавказ);

зоны перемещения двух соседних плит относительно друг друга, без раздвигания или наползания. Вдоль разломов край одной плиты скользит по краю другой плиты (Аравийский полуостров);

В зоне расходящихся астеносферных течений возникают рифтовые зоны. К ним приурочены напряжения растяжения. В зоне сходящихся астеносферных течений литосферные плиты наезжают одна на другую, деформируются — образуются геосинклинальные зоны. К ним приурочены напряжения сжатия.

Глубже мантии расположено ядро Земли, в его центре выделяют внутреннее ядро. Радиус внешнего ядра ≈ 2200 км, внутреннего — ≈1300 км. Треть массы Земли (почти 33%) сосредоточена в ядре (объем около 17%). Внешнее и внутреннее ядра Земли отличаются различием температур, давлений и, следовательно, состоянием вещества. Поверхность, отделяющая мантию от ядра Земли, получила название границы Вихерта — Гутенберга.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МАНТИИ И ЯДРА

Вещественный состав мантии с достаточной точностью не установлен.

Мантия и ядро земли состоят из вещества космического происхождения — пиролита.

В процессе плавления вещество верхней мантии дифференцируется: легкоплавкие и летучие компоненты перемещаются вверх быстрее тугоплавких. Это приводит к расщеплению пиролита на более тугоплавкую ультраосновную часть, образующую при охлаждении ультраосновные магматические породы — перидотит, дунит, пироксенит, кимберлит и на легкоплавкую основную часть, образующую при затвердевании основные магматические породы — габбро, лабрадорит, базальт. Когда через разломовую щель выталкивается более легкоплавкое мантийное вещество — формируется базальтовый слой земной коры.

Нижняя мантия, вероятно, состоит из плотных окислов, образовавшихся в результате расщепления пиролита. Это предположение основано на том, что при больших давлениях сложные вещества распадаются на окислы. Постепенно увеличивается содержание железа.

Вещества в этой оболочке находятся в пластичном состоянии, так как давление здесь достигает колоссальной силы. В мантии радиоактивных элементов приблизительно в 100 раз меньше, чем в базальтовой оболочке.

Наиболее вероятным составом внешнего ядра является окись одновалентной фазы железа — Fe_2O — наиболее устойчивого соединения в условиях высоких давлений, а внутреннего — сплав железа с никелем (по аналогии с железными метеоритами в ядре

Земли содержится не менее 80—90% железа). Окись железа поступает в ядро за счет распада железистых силикатов мантии. Плотности и упругие свойства вещества глубинных зон Земли определяются не только составом, но и высокими давлениями и температурами, воздействующими на них.

ТЕМПЕРАТУРА И ДАВЛЕНИЕ ВНУТРИ ЗЕМЛИ

Температура поверхностного слоя Земли меняется по сезонам в зависимости от годового баланса тепловой энергии, поступающей от Солнца. На некоторой глубине (различной в разных районах) не сказывается влияние солнечного тепла. Это *пояс постоянной температуры*, где круглосуточно сохраняется одна и та же температура. В высоких широтах слой находится на глубине 20—30 м, в средних широтах — 15—20 м и в тропическом поясе — 5—10 м. Пояс постоянной температуры в Москве располагается на глубине 20 м (4,2 °С), в Париже в течение 100 лет на глубине 28 м отмечается температура 11,83 °С. Глубже этого пояса, в направлении от поверхности Земли к центру, температура постепенно повышается в среднем на каждые 33 м на 1 °С. Это так называемая *геотермическая ступень*. Величина геотермической ступени в разных местах и на разных глубинах неодинакова и колеблется от 5 до 150 м. В вулканических районах с глубиной температура повышается очень быстро.

Прирост температуры на каждые 100 м углубления от зоны постоянной температуры называется *геотермическим градиентом*. Он также в разных местах и на разных глубинах имеет неодинаковую величину. С глубиной в среднем на каждые 100 м температура увеличивается на 3 °С.

Наибольший геотермический градиент — 150 °С/км наблюдался в Бонанце, США, штат Орегон, наименьший градиент — 6 °С/км — в Витватерсранде, Южная Африка.

Различия в величине геотермической [illegible] геотермического градиента обусловлены разной [illegible] теплопроводностью горных пород, различными [illegible] пород (температура выше в слоях, [illegible]), гидрохимическими процессами [illegible] реакции преобладают с выделением [illegible] температурой подземных вод, циркулирующих в толще пород.

Температура в толще Земли с глубиной [illegible] на суше и под океанами. В сверхглубокой [illegible] сирована максимальная из измеренных температур (274 °С). Температура на границе [illegible]. На границе с ядром мантия раскалена до 2000—3000 °С, в [illegible] температура около 4000 °С и в центре Земли [illegible] °С. Интересно отметить, что поверхностная температура Солнца такая же, 6000 °С.

Увеличение температуры с глубиной имеет большое практическое значение. С ним приходится считаться при бурении сверх-

глубоких скважин, заложении глубоких шахт, проходке тоннелей и т. д. Так, в одном из золотых рудников в Трансваале (Южная Африка) пришлось приостановить проходку шахты только потому, что на глубине около 2300 м температура достигла +40 °C.

Предполагается, что если в горных областях пробурить сверхглубокие скважины (порядка 15 — 20 км), то можно получить готовый рудный расплав. Охлаждение недр нашей планеты всего на 1 °C дало бы столько тепла, что на нем смогли бы работать все электростанции мира в течении 40 млн. лет.

Естествен вопрос: откуда взялось внутреннее тепло Земли? Термический баланс Земли слагается из энергии, полученной в результате гравитационной энергии, дифференциации вещества по плотности, радиоактивного распада, химических реакций и фазовых переходов, векового замедления вращения Земли, тектонической активности.

Давление с глубиной также повышается. Давление на границе земной коры и мантии 13 000 атм, на границе мантии и ядра — 1 400 000 атм, в центре Земли — 3 500 000 атм. В центре Земли давление в 4 000 000 раз больше, чем на ее поверхности.

АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА ВНУТРИ ЗЕМЛИ

Интересен вопрос об агрегатном состоянии вещества внутри Земли.

Среди ученых ведется спор о том, в твердом, жидком или газообразном состоянии находятся вещества внутри Земли. Одни считают состояние вещества внутри Земли твердым, другие — жидким, третьи — газообразным; некоторые предлагают и компромиссное решение этого вопроса — доказывают возможность чередования твердых и жидких слоев.

Этот спор вызывают некоторые факты, указывающие на то, что внутренние части Земли могут быть жидкими, расплавленными веществами, а другие факты убеждают нас в возможности твердого агрегатного состояния всей Земли. Приведем некоторые из основных фактов.

Высокая температура жидкой лавы, выливающейся из глубин Земли при вулканических извержениях, повышение температуры в толще Земли с глубиной указывают на возможность расплавленного состояния вещества в глубинных зонах Земли.

При землетрясениях возникают продольные и поперечные волны, которые распространяются в толще Земли. Как известно из физики, продольные волны распространяются в любой агрегатной среде — газообразной, жидкой и твердой. Поперечные волны распространяются только в твердой среде. Таким образом, наблюдения над распространением поперечных волн, возникающих при землетрясениях, показывают, что Земля в целом ведет себя как твердое тело.

С уверенностью можно сказать, что вещества внутри Земли не могут находиться ни в твердом, ни в жидком, ни в газообразном состоянии. Почему? Потому, что в этих трех агрегатных состояниях вещества находятся на поверхности Земли, где наблюдаются низкая температура и низкое давление. В глубинных зонах Земли иные условия: очень высокая температура и колоссальное давление.

Вполне понятно, что вещества глубинных зон Земли, находящиеся в условиях огромного давления, должны обладать иными свойствами, чем на поверхности Земли. В этих условиях вещества могут находиться только в особом, пластичном состоянии (твердый расплав). Вязкость вещества верхней мантии в 10^{22} выше, чем у воды. Опытным путем установлено, что такие твердые вещества, как лед, каменная соль, мрамор и даже гранит, находясь в условиях повышенного давления, приобретают свойства пластичных веществ.

Чем твердопластичные вещества отличаются от остальных? Они на медленные действия реагируют как жидкие; на мгновенные, быстрые действия — как твердые. Самый известный пример такого вещества — вар. Если он долгое время лежит на столе — растекается подобно жидкости; если по нему ударить молотком — он раскалывается на мелкие кусочки, т. е. в этом случае ведет себя, как твердое вещество.

Наблюдениями установлено, что медленно действующие силы вызывают в глубинных зонах Земли пластичное изгибание и течение вещества, более быстрые и энергичные действия приводят к разрывам.

Пластичное состояние вещества внутри Земли подтверждается приливно-отливными явлениями, вызванными притяжением Луны и Солнца. Приливно-отливные движения, подобные океаническим, возникают и в земной коре, но с меньшим размахом (амплитудой). В результате каждые 12 часов поднимается и опускается поверхность нашей планеты с амплитудой 20 см. Сухопутный прилив идет волной, растянувшейся на тысячи километров. Плавно и незаметно поднимаются материки, государства, города. В час прилива Москва расположена на полметра выше, чем в отлив. Из-за огромной длины волны нащупать ее гребень очень трудно. Обнаруживается она очень точным прибором.

Пластичное состояние вещества мантии подтверждается и глобальной тектоникой плит — перемещением больших континентальных глыб в горизонтальном направлении и медленными опусканиями и подняниями отдельных участков земной коры.

Как же объяснить появление огненно-жидкой лавы при вулканических извержениях? Из физики известно, что температура плавления вещества прямо пропорциональна давлению. Поэтому появление жидкой лавы при вулканических извержениях можно объяснить тем, что высокотемпературная масса глубинных зон Земли, находящаяся под большим давлением, при понижении давления приобретает свойства жидкости. В результате снятия

сдавливающих напряжений вещество мантии из пластичного переходит в расплавленное состояние. Это подтверждается тесной связью вулканических извержений с движениями земной коры: все современные действующие вулканы приурочены к наиболее подвижным участкам земной коры.

Таким образом можно утверждать, что нарушение термодинамического равновесия, понижение давления при неизменной температуре или повышение температуры при неизменном давлении способствуют переходу вещества мантии из пластичного состояния в жидкое. Давление может изменяться при тектонических движениях; температура — в результате конвективных движений вещества мантии и радиоактивного распада. В недрах Земли постоянно идут процессы плавления и кристаллизации.

Вопрос.

Один источник имеет постоянную температуру воды, у другого она изменчива. У какого источника область питания лежит глубже? Почему?

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Верн Жюль. Путешествие к центру Земли. — Собр. соч., М., Гослитиздат, 1955, т. 2.

Обручев В. А. Плутония. Земля Санникова. М., Детгиз, 1958.

Дойль, Артур Конан. Затерянный мир. Роман. М., Географгиз, 1956.

Толстой А. Н. Гиперболоид инженера Гарина. М., Детгиз, 1959.

Малахов А. А. Под покровом мантии. М., Молодая гвардия, 1965.

ЗЕМНАЯ КОРА

Земная кора — наиболее неоднородная оболочка Земли и динамически самый активный ее слой.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

В состав земной коры входят все известные химические элементы. Но распределены они в ней неравномерно. Наиболее распространены 8 элементов (кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний), которые составляют 99,03% от общего веса земной коры; на долю остальных элементов (их большинство) приходится всего 0,97%, т. е. менее 1%.

В природе, благодаря геохимическим процессам нередко образуются значительные скопления какого-либо химического элемента и возникают его месторождения, а другие элементы находятся в рассеянном состоянии. Вот почему некоторые элементы, составляющие небольшой процент в составе земной коры, как, например, золото, находят практическое применение, а другие элементы, пользующиеся более широким распространением в земной коре, как, например, галлий (его содержится в земной коре почти в два раза больше, чем золота), не находят широкого применения, хотя и обладают весьма ценными качествами (галлий применяется для изготовления солнечных фотоэлементов, используемых в космическом кораблестроении). «Редкого» в нашем понимании ванадия в земной коре содержится больше, чем распространенных [illegible], но он не образует больших скоплений. Радия в земной коре содержится десятки миллионов тонн, но он находится в рассеянном виде и поэтому представляет редкий элемент. Общие запасы урана исчисляются триллионами тонн, но он рассеян и редко образует месторождения.

Химические элементы, входящие в состав земной коры, редко находятся в свободном состоянии. Б[illegible] они образуют природные химические соединения — минералы. Минерал — составная часть горной породы, образовавшаяся в результате физико-химических процессов, протекавших и протекающих внутри Земли и на ее поверхности. Минерал — вещество определенного атомного,

ионного, или молекулярного строения, устойчивый при определенных значениях температуры и давления. В настоящее время некоторые минералы получают и искусственным путем. Абсолютное большинство представляет собой вещества твердые, кристаллические (кварц и др.). Бывают минералы жидкие (самородная ртуть) и газообразные (метан).

В виде свободных химических элементов, или, как их называют, самородных, встречаются золото, медь, серебро, платина, углерод (алмаз и графит), сера и некоторые другие. Такие химические элементы, как молибден, вольфрам, алюминий, кремний и многие другие, встречаются в природе только в виде соединений с другими элементами. Человек извлекает нужные ему химические элементы из природных соединений, которые служат рудой для получения этих элементов. Таким образом, *рудой* называются минералы или горные породы, из которых промышленным способом можно извлекать чистые химические элементы (металлы и неметаллы).

Минералы большей частью встречаются в земной коре совместно, группами, образуя большие естественные закономерные скопления, так называемые горные породы. *Горными породами* называются минеральные агрегаты, состоящие из нескольких минералов, или большие их скопления. Так, например, горная порода гранит состоит из трех основных минералов: кварца, полевого шпата и слюды. Исключение составляют горные породы, состоящие из одного минерала, как, например, мрамор, состоящий из кальцита.

Минералы и горные породы, которые используются и могут быть использованы в народном хозяйстве, называются *полезными ископаемыми*. Среди полезных ископаемых различают *металлические*, из которых извлекают металлы, *неметаллические*, используемые в качестве строительного камня, керамического сырья, сырья для химической промышленности, минеральных удобрений и т. д., *горючие ископаемые* — уголь, нефть, горючие газы, горючий сланец, торф. Минеральные скопления, содержащие полезные компоненты в количествах, достаточных для экономически выгодной их добычи, представляют месторождения полезных ископаемых.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

По строению различают *материковый*, или континентальный, *океанический* и *переходный* типы земной коры. Океаническая земная кора находится под океанами, континентальная слагает сушу, переходная располагается между ними.

Материковая земная кора в области равнин имеет мощность (толщину) 30—40 км, в горных районах — 50—80 км. Океаническая земная кора большей частью имеет толщину 5—10 км, но местами уменьшается до 1—2 км и возрастает до 15 км.

Материковая земная кора состоит из трех слоев: осадочного, гранитного и базальтового. Океаническая земная кора состоит из

двух слоев: маломощного осадочного и базальтового (без гранитного).

Верхняя часть континентальной земной коры покрыта осадочными породами (глины, пески, известняки), образовавшимися в результате разрушения горных пород глубинного происхождения в поверхностных условиях, называется она осадочным слоем. Мощность его различна (от 0 до 10—20 км), и он не сплошь покрывает Землю: местами глубинные породы не прикрыты осадочной толщей и выходят на дневную поверхность, например на Кольском полуострове. В других местах, например на Западно-Сибирской равнине, наоборот, осадочная толща отличается большой мощностью. Осадочная оболочка составляет всего 0,82% массы Земли, имеет мощность в среднем 1,5 км, покрывает около 80% поверхности современных континентов.

Глубже расположена зона с преобладанием гранитов, гнейсов и кристаллических сланцев, она называется гранитной оболочкой Земли. В составе горных пород, слагающих эту оболочку, преобладают полевые шпаты, кварц и слюда. Вещества в этой зоне в основном находятся в твердом состоянии. Мощность гранитной оболочки около 40 км, здесь максимально проявляется радиоактивный распад. Гранитный слой также не сплошь покрывает Землю.

Под гранитной залегает базальтовая оболочка. Мощность базальтового слоя достигает 30 км. Линия, отделяющая гранитную оболочку от базальтовой, получила название поверхности Ко́нрада.

Минералогический состав базальтовой оболочки отличается широким распространением полевых шпатов, роговой обманки, авгита, магнитного железняка, оливина. Перечисленные минералы входят в состав горных пород базальтового типа.

Базальтовая оболочка Земли представляет сложную толщу пород, образованных из мантийного вещества. Базальтовая оболочка Земли образуется в результате выплавления и дегазации вещества мантии как результат расчленения вещества верхней мантии на перидотиты, дуниты, габбро и базальты. Вещества в этой зоне в основном находятся в кристаллическом состоянии. Радиоактивность в базальтовой оболочке приблизительно в 10 раз меньше, чем в гранитной.

В зоне сочленения океанической и континентальной земной коры выделяется земная кора переходного типа, состоящая из гранитного, базальтового и осадочного слоев, занимающая по мощности всех трех слоев промежуточное положение между континентальной и океанической корой.

Переходные зоны — области с максимальным размахом относительных высот, интенсивных тектонических движений (складкообразовательных и разрывообразовательных), сильных землетрясений и интенсивного вулканизма.

Земная кора океанического типа занимает 50% поверхности Земли, континентальная — 34% и переходная — 16%. Литосфера, водная и воздушная оболочки выделились из недр Земли в резуль-

тате дифференциации первичного вещества Земли. Земная кора первоначально возникла в результате выплавления вещества мантии, в дальнейшем была существенно переработана под влиянием атмосферы, гидросферы и биосферы.

Земная кора образовалась в два этапа. Первый этап: в рифтовой зоне в результате плавления вещества верхней мантии образовалась океаническая кора. Второй этап: в области столкновения литосферных плит и погружения в мантию океаническая кора превращается в континентальную. Первичной является океаническая кора; континентальная кора — продукт переработки океанической коры в геосинклинальных зонах.

Континентальная кора возникает в геосинклинальных зонах в результате дигидратации и частичного переплавления океанической коры в зонах поддвига литосферных плит. Континентальная кора формируется в результате глубокой перекристаллизации и ассимиляции вещества океанической коры веществом мантии. Не исключена возможность расплавления горных пород на глубоких уровнях континентальной коры и образование гранитных расплавов.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Гангнус А. Тайна земных катастроф. М., Мысль, 1977.

МИНЕРАЛЫ

КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ И АМОРФНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

Различают кристаллическое и аморфное строение вещества. Большинство встречающихся в природе минералов имеют кристаллическое строение.

Кристаллы привлекают внимание человека совершенством форм, удивительно правильной естественной огранкой, красотой и уникальностью свойств. Это объясняется расположением атомов, ионов, молекул в четком порядке, образуя кристаллическую решетку, подчиняясь законам пространственной симметрии.

Кристаллы находят широкое применение в народном хозяйстве: они используются в солнечных электростанциях на луноходе, транзисторных радиоприемниках, лазерах, часах и т. д. Некоторые кристаллы обладают способностью преобразовывать один вид энергии в другой, например механическую в электрическую, усиливают многие физические процессы, реагируют на присутствие ядерных излучений.

Кристаллы образуются из охлаждающихся растворов и расплавов путем выделения вещества из пересыщенных растворов, при возгонке из паров и газов, при перекристаллизации твердых масс.

Размеры кристаллов колеблются от долей миллиметра до нескольких метров. Известен кристалл берилла высотой с двухэтажный дом. Вес кристаллов также меняется и в некоторых случаях достигает 90 т.

Наука, изучающая кристаллическое состояние вещества, называется кристаллографией.

Кристаллические тела резко отличаются от аморфных («аморфный» в переводе с греческого — бесформенный) рядом весьма интересных особенностей.

Первой и наиболее [illegible] особенностью кристаллических веществ является удивительная [illegible] форму многогранников, ограниченных [illegible], и образовывать кристаллы определенной формы, характерной и постоянной для данного соединения. Так, например, кристаллы минерала берилла — форму шестигранной призмы и т. д. Насколько это свойство у минералов ярко выражено, можно видеть из следующего опыта. Если кристаллу каменной соли, имеющему кубическую фор-

му, придать форму шара и если этот шар поместить в насыщенный раствор поваренной соли, через некоторый промежуток времени мы увидим, что шар вновь приобретает форму, присущую кристаллам каменной соли, — форму куба.

Вторая особенность кристаллических веществ — анизотропность (неравносвойственность).

Анизотропность проявляется в том, что в зависимости от направления в кристалле меняются свойства: механические, оптические, термические, электрические, химические и т. п. Аморфные вещества изотропны (равносвойственны) — механические, оптические и другие свойства во всех направлениях одинаковы.

Третьей отличительной особенностью кристаллических веществ от аморфных является однородность кристаллического вещества, которая выражается в том, что любая частица кристалла данного вещества обладает тем же химическим составом, что и целый кристалл, имеет такое же внутреннее строение и, следовательно, будет обладать анизотропностью.

Эта особенность кристаллического вещества имеет большое практическое значение — с целью получения химически чистого вещества его кристаллизуют; различные примеси при этом остаются в растворе.

Четвертая отличительная особенность — кристаллические тела имеют постоянную (при данном давлении) температуру плавления. Аморфные тела при нагревании постепенно размягчаются и разжижаются.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Каждый минерал обладает определенным химическим составом и имеет характерное для него внутреннее строение. Эти две важные особенности обусловливают довольно постоянные и индивидуальные внешние, так называемые физические свойства минерала.

У каждого минерала есть свои исключительно характерные для него признаки. Для одних минералов постоянным признаком является цвет, для других — твердость, для третьих — плотность, для четвертых — форма кристаллов и т. д.

При изучении минералов необходимо обращать внимание на эти постоянно наблюдаемые у каждого минерала признаки.

Блеск

Большинство минералов обладает способностью отражать своими поверхностями свет, что и обусловливает блеск минерала.

Минералы по блеску легко разбиваются на две группы: на минералы, обладающие металлическим блеском, и на минералы, имеющие неметаллический блеск.

Блеск металлический

1. *Металлический* блеск напоминает блеск поверхности свежего излома металлов. Он хорошо виден на свежей (неокисленной) поверхности образца. Минералы, обладающие металлическим блеском, непрозрачны и более тяжелые по сравнению с минералами, имеющими неметаллический блеск.

Иногда благодаря процессам окисления минералы, имеющие металлический блеск, покрываются матовой коркой.

Все так называемые «блески» и «колчеданы» имеют металлический блеск.

Металлический блеск характерен для минералов, являющихся рудами различных металлов.

Металлический блеск обычно наблюдается у самородных элементов, у сульфидов и у некоторых окислов.

Примерами минералов, имеющих металлический блеск, могут служить серный колчедан, свинцовый блеск.

2. *Металловидный* блеск более тусклый, как у потускневших от времени металлов. Металловидный блеск наблюдается у минералов, являющихся рудами различных металлов (магнитный железняк).

Блеск неметаллический

1. *Стеклянный* блеск напоминает блеск поверхности стекла. Стеклянный блеск часто наблюдается у галогенидов, окислов, карбонатов, силикатов. Стеклянным блеском обладают каменная соль, горный хрусталь.

2. *Алмазный* блеск — сильный, искрящийся блеск, напоминающий стеклянный. Примеры: алмаз, сфалерит.

3. *Перламутровый* блеск аналогичен блеску перламутра (отливает радужными цветами). Наблюдается большей частью у минералов с хорошо выраженной спайностью, на плоскостях спайности. Так, например, часто наблюдается перламутровый блеск на плоскостях спайности у кальцита.

4. *Шелковистый* блеск — мерцающий. Шелковистый блеск исключительно характерен для минералов, имеющих игольчатое или волокнистое строение. Примеры: селенит (игольчатый гипс), асбест.

5. *Жирный* блеск характеризуется тем, что поверхность минерала как бы смазана жиром. Жирный блеск особенно характерен для мягких минералов. Пример: тальк.

6. *Восковой* блеск — слабый жирный. Пример: халцедон.

Блеск лучше наблюдать на свежем изломе минерала.

При определении блеска цвет минерала не принимается во внимание.

Твердость

Встречающиеся в природе минералы имеют различную твердость.

По твердости все минералы разделяются на 4 группы:

1. *Мягкие минералы* (ноготь оставляет царапину на минерале)

Примеры: тальк, графит, гипс. Мягкие минералы легко крошатся ногтем.

II. *Минералы средней твердости* (ноготь не оставляет царапины на минерале, минерал не оставляет царапины на стекле). Примеры: ангидрит, кристаллический кальцит, халькопирит.

III. *Твердые минералы* (минерал оставляет царапину на стекле, но не оставляет царапины на горном хрустале). Примеры: кварц, полевые шпаты.

IV. *Очень твердые минералы* (минерал оставляет царапину на горном хрустале). Примеры: топаз, корунд, алмаз.

Для определения твердости минерала необходимо выбрать чистые участки (могут присутствовать в небольших количествах другие минералы). Всегда необходимо после царапания стереть порошок пальцем и убедиться в том, что действительно осталась царапина.

Цвет

Цвет у минералов бывает самый различный. Для некоторых минералов цвет является постоянным признаком. Так, например, у пирита цвет латунно-желтый, у малахита — зеленый, у азурита — синий, у золота — золотисто-желтый и т. д.

Для большинства минералов этот признак непостоянен. Полевые шпаты бывают белого, желтого, красного, зеленого, темно-серого цвета. Поэтому не следует определять минералы только по цвету, всегда нужно определение дополнять другими признаками.

Для определения цвета минералов необходимо получить свежий излом.

Побежалость

Некоторые минералы, особенно содержащие медь, на своей поверхности имеют пестроокрашенную тонкую пленку: розоватую, красноватую, желтоватую, голубоватую и др., обусловленную процессами химического выветривания. Цвет этой пленки отличается от цвета самого минерала. Это явление получило название побежалости. Побежалость особенно характерна для халькопирита.

У халькопирита цвет латунно-желтый. На поверхности халькопирита нередко в результате химического разложения образуется пленка радужного или синего цвета. Побежалость наблюдается только у минералов с металлическим блеском.

Черта

Цвет порошка у некоторых минералов не отличается от цвета самого минерала, но встречаются и такие минералы, цвет порошка которых резко отличается от цвета минерала, и в таком случае это имеет важное значение при определении. Например, у минерала пирита цвет латунно-желтый, порошок — черный.

Для получения порошка минерала применяется неглазурованная фарфоровая пластинка, так называемый бисквит.

24

Если провести минералом по поверхности бисквита, минерал оставляет след (черту).

Твердые и очень твердые минера[illegible] не дают. Эти минералы могут царапать [illegible] впечатление черты. Можно считать, что минерал дает черту (в случае белой черты), если черта [illegible].

Бисквит можно заменить [illegible] фарфоровой [illegible], предварительно удалив гладкий [illegible] глазури.

В случае отсутствия фарфоровой [illegible] минерал ножом и получить тонкий [illegible] порошок. Для определения цвета черты необходимо этот порошок [illegible] на белой бумаге.

Спайность

Спайность выражается в том, что в определенных направлениях минералы оказывают более слабое сопротивление физическим воздействиям — в этом направлении они легко раскалываются и дают ровные, гладкие, блестящие поверхности спайности.

Спайность у различных минералов [illegible] в различной степени. В зависимости от этого можно различать:

1) *спайность весьма совершенную*. Минералы, обладающие весьма совершенной спайностью, легко *расщепляются* в одном направлении на пластинки. Пример: слюды;

2) *спайность совершенную*. Минералы, имеющие совершенную спайность, *раскалываются* по определенным направлениям и дают ровные блестящие поверхности спайности.

Совершенная спайность у одних минералов может быть выражена в одном направлении, например у [illegible], у вольфрамита. У других она бывает выражена в двух направлениях [illegible] или в трех направлениях (кальцит, каменная соль, [illegible] блеск) и т. д. Все так называемые [illegible] обладают совершенной спайностью;

3) *отсутствие спайности*. При ударе минерал раскалывается по неопределенным направлениям и дает [illegible] поверхности излома. Примеры: кварц, пирит.

Необходимо резко отличать от [illegible] гладких поверхностей кристалла.

Спайность [illegible] ла. У плотных, земли[illegible] минералов спайность [illegible].

У минералов [illegible] каждого зерна в [illegible].

Излом

При расколе у минералов возникают поверхности, [illegible] щие так называемый излом. Минералы, обладающие спайностью, дают ровный излом. Минералы, лишенные спайности, имеют неровный излом. Пример: кварц. Излом, похожий на поверхность раковины, получил название раковистого. Раковистый излом наблюда-

ется у халцедона. Зернистый излом характерен для пирита и других минералов, имеющих зернистое строение. У некоторых минералов излом землистый, например у каолинита.

Плотность

Плотность не является важным признаком для большинства минералов, но для минералов, в состав которых входят такие тяжелые элементы, как свинец, вольфрам и т. п., плотность имеет большое диагностическое значение.

При определении минералов по внешним признакам плотность с большой точностью не определяется. Достаточно при этом деления минералов на две группы: легкие минералы и минералы тяжелые, причем необходимо различать легкие и тяжелые минералы среди имеющих металлический блеск и легкие и тяжелые минералы в группе с неметаллическим блеском.

Агрегаты

Агрегатами называются естественные скопления минералов. Наиболее часто встречающиеся агрегаты:

1) *зернистые* — сросшиеся зерна минералов. Примеры: апатит, пирит;

2) *плотные*, когда нельзя различать контуры отдельных зерен, даже в лупу. Пример: халцедон;

3) *землистые* — напоминают внешним видом рыхлую почву. Легко растираются между пальцами. Пример: каолинит;

4) *игольчатые*, *призматические* — кристаллы имеют удлиненную форму. Примеры: антимонит, роговая обманка;

5) *листовые*, *пластинчатые*. Кончиком перочинного ножа легко отделяются пластинки. Пример: слюды;

6) *чешуйчатые* — состоят из чешуек, легко отделяемых кончиком перочинного ножа. Пример: слюды;

7) *натечные формы* — образуются в результате выделения минералов в твердом виде из раствора, при испарении последнего, в пустотах, пещерах. Имеют вид сосулек (сталактиты), почек и т. д.

Сталактиты образуют часто лимонит; в виде почек встречаются малахит, гематит.

У некоторых натечных форм поверхность блестящая, такие образования называются стеклянными головами;

8) *конкреция* — характеризуется шарообразной формой и имеет радиально-лучистое строение внутри. Такие формы образуются в осадочных породах, особенно в песках. Кристаллы нарастают в виде радиально расположенных лучей, начиная от центра к периферии, что приводит к образованию конкреции. Конкреции характерны для фосфорита;

9) *оолиты* — представляют небольших размеров шарики, имеющие концентрически-скорлуповатое строение. Эти шарики в оолитах бывают или сцементированы плотной основой, или [illegible]

рыхлом состоянии. Примеры: оолитовый известняк, боксит и бурый железняк оолитового строения;

10) *друзы* — представляют кристаллы, прикрепленные одним концом к общему основанию. Пример: горный хрусталь.

Часто друзы образуются на стенках пустот горных пород. Такие пустоты получили название жеод;

11) *дендриты*. При быстрой кристаллизации в тонких трещинах или вязком веществе (например, в глине) не образуется кристалла полногранной формы, а возникает скелетное образование, напоминающее по форме ветви дерева, потому что отдельные кристаллы нарастают друг на друга. Такие формы получили название дендритов. Примеры: ледяные узоры на окнах, самородная медь.

Часто дендриты обнаруживаются при раскалывании слоистых пород.

Магнитность

Магнитностью обладают минералы, содержащие железо (магнитный железняк).

Для определения магнитности минералов используется магнитная стрелка, подвешенная на тонкое острие, или, в полевых условиях работы, стрелка компаса.

Минералы, обладающие магнитными свойствами, при поднесении их к магнитной стрелке притягивают последнюю.

Ковкость и хрупкость

Ковкие минералы при ударе молотком сплющиваются и закругляются в краях, в то время как хрупкие при ударе рассыпаются на мелкие куски. При царапании ножом хрупких минералов летит порошок, при царапании же ковких минералов порошка не образуется и на поверхности минерала остается блестящий след.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Для удобства изучения минералы классифицируют, причем в основу классификации могут быть положены различные признаки. Наиболее общепринятой является химическая классификация, по которой минералы разбивают на классы, отличающиеся друг от друга по типу химического соединения.

По химической классификации минералы делятся на следующие классы.

I. *Самородные элементы*. Сюда относятся металлы и металлоиды, встречающиеся в природе в свободном состоянии (золото, платина, графит, алмаз, сера).

II. *Сульфиды* — соли сероводородной кислоты (молибденит, антимонит, галенит, аргентит, пирит, халькопирит, пентландит, сфалерит, киноварь, реальгар).

III. *Галогениды* — хлориды — соли соляной кислоты (галит, сильвин, карналлит).

IV. *Нитраты* — соли азотной кислоты (натриевая и калиевая селитра).

V. *Карбонаты* — соли угольной кислоты (кальцит, доломит, магнезит, сидерит, малахит, азурит).

VI. *Сульфаты* — соли серной кислоты (ангидрит, гипс, мирабилит).

VII. *Фосфаты* — соли фосфорных кислот (апатит, фосфорит).

VIII. *Окислы и гидроокислы* — кислородные и водные соединения металлов и металлоидов (кварц, халцедон, корунд, магнетит, хромит, пиролюзит, гематит, ильменит, касситерит, опал, лимонит, боксит).

IX. *Силикаты* — соли кремниевых кислот (ортоклаз, лабрадор, нефелин, топаз, берилл, оливин, роговая обманка, авгит, слюды, хлорит, тальк, каолинит).

ГЛАВНЕЙШИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Кварц — SiO_2. Блеск неметаллический. Твердый. Бесцветный, белый, сероватый, дымчатый, черный. Черты не дает. Спайность отсутствует. Кварц является наиболее распространенным минералом земной коры (около 65% земной коры состоит из кварца). Кварц входит в состав магматических (гранит и др.), метаморфических (гнейс, кварцит и др.) и осадочных (кварцевые пески, песчаники) пород.

Полевые шпаты — алюмосиликаты сложного состава — занимают второе место по распространенности в природе (после кварца). Блеск стеклянный. Твердый. Цвет желтый, красный, белый, сероватый (ортоклаз), темно-серый, зеленовато-серый с синим отливом на плоскостях спайности (лабрадор). Черты не дают. Спайность совершенная в двух направлениях.

Полевые шпаты входят в состав глубинных магматических (гранит, диорит), метаморфических (гнейс) пород.

Слюды — алюмосиликаты сложного состава. Блеск стеклянный. Не царапают стекло. Цвет белый или минерал бесцветный (мусковит), бурый (флогопит), черный (биотит). Черты не дают. Спайность весьма совершенная. Листочки упругогибкие.

Слюды входят в состав магматических (гранит, диорит), метаморфических (гнейс, слюдяной сланец) пород.

Роговая обманка. Химический состав сложный и непостоянный (силикат). Блеск неметаллический. Твердая или средней твердости. Цвет темно-зеленый до черного. Черта серая, зеленовато-серая. Удлиненные, призматические кристаллы, плоские вкрапления в породе.

Роговая обманка входит в состав магматических (диориты, граниты), метаморфических (гнейс) пород.

Авгит — алюмосиликат сложного состава. Блеск неметаллический. Твердый или средней твердости. Цвет темно-зеленый до чер-

ного. Черта серая, зеленовато-серая. Короткопризматические, плоские вкрапления в породах.

Авгит — породообразующий минерал, главным образом диоритов, габбро, базальтов, диабазов. Реже авгит встречается в гнейсах и кристаллических сланцах.

Оливин — силикат. Блеск стеклянный. Твердый. Цвет оливково-зеленый. Черты не дает. Спайности нет.

Оливин входит в состав перидотита, дунита, габбро, базальта, диабаза.

Кальцит (известковый шпат) — $CaCO_3$. Блеск неметаллический, не царапает стекло. Бесцветный, белый. Черта белая. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты.

Кальцит бывает глубинного и поверхностного происхождения. Кальцит глубинного происхождения выделяется в гидротермальных жилах. Кальцит встречается в пустотах вулканических пород. Кальцит поверхностного происхождения выделяется у выходов некоторых источников, в пещерах, входит в состав известняка. Метаморфическая порода — мрамор — состоит из кальцита.

Задания.

Изучите минералы по классам. Научитесь определять их с помощью определителя. Соберите и изучите минералы, горные породы и окаменелости своей местности, области (края, республики). Оформите соответствующие коллекции.

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы по происхождению делятся на магматические, метаморфические и осадочные.

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Магматическими породами называются горные породы, образовавшиеся в результате охлаждения и затвердевания магмы. Они подразделяются на интрузивные, или глубинные, возникшие в результате застывания магмы в толще земной коры, и на эффузивные, или излившиеся, образовавшиеся в результате охлаждения лавы, вылившейся при вулканических извержениях.

Глубинные магматические породы образуются в условиях высокой температуры и высокого давления, а медленное их охлаждение способствует кристаллизации, поэтому магматические породы глубинного происхождения всегда имеют зернистое (кристаллическое) строение.

Большинство излившихся магматических пород имеет порфировое строение (например, порфирит). Оно характеризуется тем, что в скрытокристаллической или стекловатой массе породы встречаются зерна отдельных минералов различного размера, цвета и формы. Образование такой структуры объясняется тем, что еще в глубинных зонах Земли начинается процесс кристаллизации и минералы выделяются в твердом виде. После этого магма [illegible] по трещинам в земной коре, выливается при вулканических извержениях и быстро затвердевает, образуя основную массу, с включениями кристаллов ранее образовавшихся минералов. [illegible] сталлическое и стекловидное строение — результат быстрого охлаждения лавы (например, обсидиан). Пористое строение бывает у верхняя часть лавы, если при ее охлаждении происходит обильное выделение газов и водяного пара (например, пемза). Все магматические породы царапают стекло.

Глубинные магматические породы

Гранит. В основном состоит из полевого шпата, часто встречается кварц, присутствуют в небольшом количестве слюды, реже

роговая обманка. Окраска светлая: светло-серая, желтоватая, розовая, красноватая. Плотность небольшая (среднего веса).

Некоторые граниты образовались за счет перекристаллизации осадочных и других пород под воздействием высокой температуры, высокого давления и химически активных веществ (процесс гранитизации).

Гранит широко используется как строительный и облицовочный материал.

Наиболее крупные месторождения гранита находятся в Карельской АССР, Украинской ССР, на Урале, Кавказе и в Сибири.

Диорит. Основной минерал — полевой шпат. Кварца нет или очень мало. Присутствуют роговая обманка, авгит, иногда черная слюда. Окраска темная: серая, темно-серая, зеленовато-серая. Плотность небольшая (среднего веса).

Применение такое же, как гранита.

Габбро. Состоит из полевого шпата (лабрадор), оливина, авгита. Окраска темная: темно-зеленая, черная. Плотность большая (тяжелое). Применяется для мощения мостовых и в качестве облицовочного материала.

Крупные месторождения находятся на Урале, в Украинской ССР, Карелии и на Кольском полуострове.

Перидотит. Состоит из оливина и авгита. Кварц и полевой шпат отсутствуют. Окраска темная: темно-зеленая, черная. Плотность большая (тяжелый).

Используется как облицовочный материал и для изготовления щебня.

Вулканические породы

Порфирит. Строение порфировое. Минералогический состав такой же, как у диорита. Окраска темная: темно-серая, темно-зеленая. Плотность небольшая (среднего веса).

Порфирит — строительный и кислотоупорный материал, также используется для орнаментировки.

Порфириты встречаются на Урале, Кавказе, в Закавказье, Украинской ССР, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Базальт. Строение плотное, тонкозернистое. Минералогический состав такой же, как у габбро. Окраска темная: черная, темно-серая. Плотность большая (тяжелый).

Из магмы габбрового состава, излившейся на поверхность, получается вулканическая порода базальт. Древний, сильно изменившийся базальт называется *диабазом*, который отличается от базальта только по окраске: он темно-зеленый.

Базальт и диабаз используются как строительный, облицовочный, кислотоупорный материал и в качестве сырья для каменного литья.

Базальты широко распространены и преобладают среди всех вулканических пород. В СССР базальт встречается на Камчатке, в

Армянской ССР и в других районах. Диабазы имеются в Карелии, на Урале и на Кавказе.

Вулканическое стекло (обсидиан). [illegible] плотное, стекловидное. Излом раковистый. Цвет [illegible], серый, красно-бурый, сургучный; бывает обсидиан пятнистой [illegible] окраски. Плотность небольшая (среднего веса).

Обсидиан используется в [illegible] строительных материалов, [illegible] камень.

Пемза. Строение пористое. [illegible] ватая, белая, желтоватая, черная. Легкая.

Применяется как шлифующий, чистящий материал, [illegible] к цементу. В качестве фильтров.

Встречается в районах [illegible] действующих и потухших вулканов (Камчатка, Кав[illegible])

Вулканический туф. Строение обломочно-пористое; на фоне массы, имеющей пористое строение, разбросаны обломки различной величины, формы и цвета. Окраска различная. Легкий.

Вулканический туф представляет обломочный материал, образовавшийся при вулканических взрывах, в дальнейшем сцементированный и уплотненный. Встречается в районах распространения действующих и потухших вулканов (Армения, Грузия).

Вулканический туф — строительный и архитектурный материал.

Яшма — аморфный кремнезем, содержащий примеси. Строение плотное. Царапает стекло. Цвет непостоянный. Излом неровный.

Яшма — порода вулканогенного, осадочного, химического и биохимического происхождения.

Используется как поделочно-декоративный и облицовочный материал в строительном деле. [illegible] изящные украшения.

Знамениты уральские и алтайские яшмы.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Метаморфические породы образуются в глубинах [illegible] в результате метаморфизации [illegible] Для них характерно сланцеватое, [illegible] стое строение.

Гнейс. Строение [illegible] П[illegible] полевой шпат, слюда, иногда роговая обманка.

Гнейсы используются для [illegible]

Широко распространены в Карелии, Украинской ССР, на Урале, в Восточной Сибири, Средней Азии и в других [illegible]

Слюдяной сланец. Строение сланцеватое. [illegible] Окраска белая, бурая, черная.

Слюдяные сланцы встречаются в Карельской АССР, Сибири, на Урале и в других районах.

Хлоритовый сланец. Строение сланцеватое. Состоит из хлорита. Окраска зеленая.

Тальковый сланец. Строение сланцеватое. Состоит из талька. Мягкий. Жирный на ощупь. Листочки гибкие, но не упругие.

Глинистый сланец. Строение сланцеватое. Состоит из тонких глинистых частиц с примесью пылеватых частиц кварца, а иногда и частиц хлорита. Тусклый. Окраска зеленоватая, сероватая, черноватая, желтоватая, бурая, красноватая. Если подышать на него, издает землистый запах.

Мрамор. Состоит из кальцита. Строение зернистое. Не оставляет царапины на стекле. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты. Цвет различный.

Мрамор — прекрасный облицовочный, декоративный и скульптурный материал.

Крупнейшим месторождением Советского Союза является Кибик-Кордонское (Красноярский край). Крупные месторождения мрамора есть на Урале, в Армянской, Грузинской, Узбекской, Азербайджанской, Таджикской, Киргизской ССР.

Кварцит — зерна кварца, скрепленные кремнеземом. Строение зернистое. Оставляет царапину на стекле. Цвет различный. Поверхности зерен неровные.

Среди горных пород кварциту нет равных по долговечности. Он не боится огня, горячих щелочей, едких газов, кислот и даже «царской водки». Кварцит используется как облицовочный, декоративный и кислотоупорный материал. Он идет на изготовление огнеупорного кирпича — динаса.

В СССР известны кварциты Карелии. Кварциты также встречаются на Алтае, в Украинской ССР.

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочные породы образуются на поверхности Земли в результате физического и химического разрушения пород глубинного происхождения (магматических, метаморфических); в образовании некоторых осадочных пород принимают участие растения и животные (торф, уголь, органический известняк и др.).

Осадочные породы делятся на обломочные, глинистые, химические, органические и смешанные.

Обломочные породы

Обломочные осадочные породы представляют обломки различных пород, образовавшиеся в результате разрушения. Они делятся на рыхлые, или несцементированные, и на скрепленные, или сцементированные.

Обломочные породы делятся по форме обломков на остроугольные и окатанные.

Рыхлые

Глыбы. Остроугольные обломки размером больше кулака.

Валуны. Окатанные обломки размером больше кулака.

2 Заказ 677

Щебень. Остроугольные обломки размером от кулака до грецкого ореха.

Галечник. Окатанные обломки размером от кулака до грецкого ореха.

Дресва. Остроугольные обломки размером от грецкого ореха до горошины.

Гравий. Окатанные обломки размером от грецкого ореха до горошины.

Песок. Остроугольные и окатанные обломки размером от горошины до пшена и меньше пшена.

Состав и цвет у рыхлых обломочных пород непостоянные. Все они используются как строительный материал.

Сцементированные, уплотненные

Брекчия — сцементированные щебень и дресва.
Конгломерат — сцементированные галечник и гравий.
Песчаник — сцементированный песок.
Все они используются как строительный материал.

Глинистые породы

В отличие от обломочных глинистые породы состоят не из обломков магматических, метаморфических и осадочных пород, а из новых минералов, образовавшихся в результате химического выветривания. Глинистые породы — очень тонкозернистые образования (размер зерен меньше одной сотой миллиметра), состоящие из глинистых минералов (каолинит и др.)

Цвет у глин непостоянный. Глина смоченная скатывается между пальцами в жгутик. Глина при намокании разбухает, а усыхая, уменьшается в объеме. Если подышать на нее, издает землистый запах. Глина каменеет при обжиге.

Глина — строительный, огнеупорный, поделочный материал. Белая глина используется в фарфоровой промышленности.

Крупнейшие месторождения белой глины находятся на Украине, есть и в Московской (г. Ликино — Дулево), Ленинградской областях.

Химические породы

Осадочные породы химического происхождения образуются в результате выпадения из водных растворов. К ним относятся доломит, известковый туф и др.

Известковый туф. Состоит из кальцита. Строение пористое. Цвет белый, сероватый, желтоватый, бурый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты.

Образуется известковый туф у выходов источников, богатых углекислым кальцием; он выделяется также из подземных вод в пещерах, образуя сталактиты и сталагмиты.

Известковый туф — строительный, облицовочный и декоративный материал. В сельском хозяйстве используется для известкования почвы. Встречается в районе Пятигорска и в Армении.

Кремнистый туф (гейзерит). Состоит из опала. Строение пористое. Цвет белый, сероватый, желтый, бурый, красный, пестрый. Не реагирует с разбавленной соляной кислотой.

Встречается в вулканических областях, у выходов гейзеров. Используется как строительный материал.

Органические породы

Известняк. Состоит из кальцита. Цвет различный. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты.

Некоторые известняки образуются биохимическим путем.

Известняк — строительный материал, используется в цементном деле, в стекольной, сахарной промышленности, в сельском хозяйстве для нейтрализации кислых (болотных) почв, кроме того, для выжигания извести.

Известняк широко распространен на побережьях Азовского и Черного морей, в Жигулевских горах на Волге, в Подмосковном каменноугольном бассейне и в других районах.

Мел. Состоит из кальцита. Строение землистое. Цвет белый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты.

Образуется мел на дне водоемов в результате накопления скорлупок простейших животных.

Применение — в цементной, металлургической, сахарной, бумажной, резиновой, стекольной промышленности, для изготовления замазок, белил, взрывчатых веществ, зубного порошка и как пишущий материал.

Меловые отложения широко распространены в Украинской ССР (Киевская, Харьковская и другие области), в Среднем Поволжье.

Нефть — смесь различных горючих веществ — жидкая, маслянистая порода черного, коричневого или желтого цвета (встречается также бесцветная и белая нефть), легкая (всплывает на поверхность воды). Горит коптящим пламенем. Имеет запах керосина.

Нефть образовалась на дне морей и озер за счет растительных и животных остатков в результате их изменения под действием анаэробных бактерий, давления вышележащих слоев и высокой температуры.

Нефть — горючее ископаемое, сырье для химической промышленности. Нефтегазоносными провинциями являются Западно-Сибирская, Волго-Уральская, Тимано-Печорская, Туркмения, Апшеронский полуостров (Баку), Северный Кавказ (Майкоп, Грозный), Предкавказье (Краснодар, Ставрополь), Мангышлак и др.

Торф. Состоит из неполноразложившихся растительных остатков. Матовый. Мягкий. Цвет бурый, желто-бурый, черно-бурый. Легкий, в воде не тонет. В сухом состоянии загорается от спички. С водой дает бурое окрашивание.

Торф образуется в результате постепенного накопления и разложения органических остатков растений в болотах в условиях повышенной влажности и слабого доступа воздуха.

Торф дает тепло и электричество, из него готовят удобрения для полей, корм для скота. Торф используется в химической промышленности. Торф служит отличной подстилкой для скота.

На нашей территории сосредоточено около 60% мировых запасов торфа. Торфяные месторождения широко распространены в северной и средней частях территории нашей страны. Особенно много торфа в Западной Сибири и в Белоруссии. В СССР имеется более 50 тыс. месторождений торфа.

Ископаемые угли. По химическому составу и физическим свойствам они подразделяются на бурый уголь, каменный уголь и антрацит.

Ископаемые угли не царапают стекло. Цвет у них черный или бурый. Черта черная или бурая. Горят.

Ископаемый уголь образуется в результате физико-химических изменений прибрежно-морских и континентальных растений, захороненных в земной коре.

Ископаемые угли применяются как горючее ископаемое.

На территории Советского Союза сосредоточено 55% мировых запасов угля. Основная доля запасов ископаемого угля находится в Сибири, затем идут европейская часть страны и Урал. Особенно богата углем Восточная Сибирь — здесь сосредоточено более 75% всех запасов страны.

Смешанные породы

Суглинок — глина, содержащая песок. Строение землистое. Легко растирается между пальцами, при этом чувствуются песчинки. Цвет светло-бурый, желтый. Имеет запах глины. С водой дает пластичную массу. При отмучивании в воде оседают песчинки, а затем глинистые частицы.

Суглинок применяется для изготовления кирпича.

Мергель — глина, содержащая известняк. Строение плотное, землистое. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты, остается грязное пятно после реакции. Цвет различный. Имеет запах глины. Если кусочек породы растворить в соляной кислоте и взбалтывать, дает много мути и образует осадок глинистого вещества.

Мергель образуется на дне морей и озер, когда известковый и глинистый осадки отлагаются одновременно.

Используется мергель в цементной промышленности и как удобрение в сельском хозяйстве.

Отложения мергеля имеются на Черноморском побережье Кавказа, где они простираются в направлении от Новороссийска к Геленджику. Мергель также встречается в Поволжье, Заволжье и в Приуралье.

З а д а н и е.

Изучите горные породы по группам. Научитесь определять их с помощью определителя.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

Молибденит (молибденовый блеск) — MoS_2 — молибденовая руда. Блеск металлический. Мягкий. Жирен на ощупь. Пишет на бумаге. Цвет светлый, свинцово-серый. Черта светло-серая, металлически блестящая. Спайность весьма совершенная. Листоватый, чешуйчатый.

Выделяется молибденит в пневматолитовых образованиях и встречается в виде вкраплений в кварцевых жилах.

Месторождения на Кавказе, в Красноярском крае, Читинской области и др.

Антимонит (сурьмяный блеск) — Sb_2S_3 — сурьмяная руда.

Блеск металлический. Мягкий. Цвет свинцово-серый, стально-серый. Черта свинцово-серая. Спайность совершенная в одном направлении по длине кристалла; игольчатого, призматического строения сплошные массы, удлиненные кристаллы, друзы. Тонкий осколочек плавится в пламени свечи.

Выделяется антимонит вместе с киноварью в гидротермальных жилах.

Важное место в Советском Союзе по производству сурьмы занимает Киргизия.

Галенит (свинцовый блеск) — PbS — свинцовая руда.

Блеск металлический. Твердость средняя. Цвет свинцово-серый. Черта свинцово-серая. Тяжелый. Спайность совершенная в трех направлениях по граням куба.

Выделяется галенит вместе со сфалеритом в гидротермальных жилах, образуя полиметаллические месторождения. Крупным является месторождение в Красноярском крае. Известны алтайские, салаирские, забайкальские месторождения, Садонское (Северный Кавказ) и др.

Аргентит (серебряный блеск) — Ag_2S — серебряная руда.

Блеск металлический. Твердость средняя. Цвет свинцово-серый. Черта свинцово-серая, металлически блестящая. Спайности нет. Ковкий, строгается и режется ножом. Тяжелый.

Происхождение гидротермальное и поверхностное, выделяется в зонах окисления и цементации.

Месторождения — Алтай (Змеиногорский и другие рудники).

Халькопирит (медный колчедан) — $CuFeS_2$ — медная руда.

Блеск металлический. Твердость средняя. Цвет латунно-желтый. Черта черная. Спайность отсутствует. Продуктом выветривания является малахит (зеленый, вскипает при действии разбавленной соляной кислоты).

Халькопирит выделяется из гидротермальных и пневматолитовых выделений магматических очагов.

Крупным является Гайское месторождение (Оренбургская область). На севере Красноярского края открыты медно-никелевые Талнахское, Норильское месторождения. Известностью пользуется Удоканское месторождение (Читинская область).

Из известных месторождений халькопирита можно указать Коунрадское, Джезказганское (Казахская ССР), месторождения восточного склона Урала.

Пентландит (железо-никелевый колчедан) — $FeNiS_2$ — никелевая руда.

Блеск металлический. Твердость средняя. Цвет темно-латунный. Черта черная. Спайность совершенная. Продуктом разрушения является аннабергит (никелевые цветы) яблочно-зеленого цвета, не реагирует с разбавленной соляной кислотой.

Происхождение магматическое. Встречаются среди перидотитов. Пентландит добывается в Норильском районе (Талнахское месторождение) и в Мурманской области (Мончегорское месторождение).

Сфалерит (цинковая обманка) — ZnS — цинковая руда.

Блеск алмазный. Твердость средняя. Цвет канифольный, бурый, буро-черный. Черта светло-желтая, светло-бурая. Спайность совершенная в нескольких направлениях. Спутник: галенит. Происхождение гидротермальное — выделяется вместе с галенитом из глубинных горячих водных растворов.

Встречается сфалерит в тех же месторождениях, где и галенит.

Киноварь — HgS — ртутная руда.

Блеск неметаллический. Не царапает стекло. Цвет и черта кроваво-красные. Спутник: антимонит.

Киноварь представляет отложения горячих минеральных вод, идущих из магматического очага по тектоническим трещинам.

Наиболее известное месторождение киновари — Никитовка (Донбасс).

Реальгар — AsS — мышьяковая руда.

Блеск неметаллический. Мягкий. Цвет и черта оранжево-красные. Спутник: аурипигмент (лимонно-желтого цвета).

Реальгар выделяется в гидротермальных жилах.

Месторождение находится в Грузии (Лухум).

Вольфрамит — $(Fe, Mn)\,WO_4$ — вольфрамовая руда.

Блеск металловидный, стеклянный. Твердый или средней твердости. Цвет бурый до черного. Черта бурая, почти черная. Тяжелый. Спайность совершенная в одном направлении.

Выделяется вольфрамит в пневматолитовых кварцевых жилах и связан с гранитами.

Из месторождений можно назвать Тырныаузское молибденово-вольфрамовое месторождение (Кабардино-Балкария).

Магнетит (магнитный железняк) — Fe_3O_4 — железная руда.

Блеск металлический. Твердый или средней твердости. Цвет и черта железно-черные. Магнитный.

Образуется магнетит в зоне контакта гранитных и диоритовых магм с известняками.

Величайшей в мире кладовой железных руд является Курская магнитная аномалия. Крупное месторождение магнетита — Кустанайское (Соколовско-Сарбайское и др.), Ангаро-Илимский железорудный бассейн (Восточная Сибирь). Известностью пользуются месторождения Урала (горы Магнитная, Высокая, Благодать).

Хромит (хромистый железняк) — $FeCr_2O_4$ — хромитовая руда.

Блеск металлический. Твердый. Цвет железно-черный. Черта бурая.

Хромит выделяется вместе с платиной при охлаждении и затвердевании ультраосновной и основной магм. Встречается среди перидотитов, габбро.

Крупнейшее Донское месторождение (Актюбинская область, Казахстан) и на Урале (Саранское и др.).

Пиролюзит — MnO_2 — марганцевая руда.

Матовый. Мягкий. Цвет и черта черные. Оолитовый, землистый. Образуется пиролюзит в мелководной прибрежной части морей — представляет биохимический осадок.

Месторождения: Никопольское (Украина) и Чиатурское (Грузия).

Гематит (красный железняк) — Fe_2O_3 — железная руда.

Цвет вишнево-красный, темный стально-серый, железно-черный. Черта вишнево-красная.

Происхождение гематита метаморфическое: лимонит, попадая в глубинные зоны — в условия высокого давления и высокой температуры, переходит в гематит.

Гематит встречается в районе Курской магнитной аномалии и в Кривом Роге (Украина).

Ильменит (титанистый железняк) — $FeTiO_3$ — титановая руда.

Блеск металлический. Твердый или средней твердости. Цвет темно-бурый. Черта бурая. Слабомагнитен. Спайность отсутствует.

Происхождение у ильменита магматическое и пневматолитовое, он генетически связан с нефелиновыми сиенитами.

Месторождения: в Запорожье, Южный Урал.

Касситерит (оловянный камень) — SnO_2 — оловянная руда.

Твердый. Цвет бурый. Черта бледно-желтая, коричневатая. Тяжелый. Спайность отсутствует.

Выделяется касситерит в пневматолитовых жилах.

Оловянной рудой богаты Дальний Восток и Северо-Восток нашей страны.

Лимонит (бурый железняк) — $Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O$ — железная руда. Цвет и черта бурые, охряно-желтые. Лимонит образуется в результате химического выветривания железосодержащих минералов.

Месторождения: Аятское (Кустанайская область), Бакчарское (Томская область), Колпашевское (Западная Сибирь).

Боксит — $Al_2O_3 \cdot n\ H_2O$ — алюминиевая руда.

Матовый. Не царапает стекло. Цвет и черта кирпично-красные, красно-бурые, розовые. Глиноподобный. Не дает с водой пластичной массы. Ведущая роль при бокситообразовании принадлежит процессам латеритного выветривания. Он также отлагается на дне мелководных морей и озер. Карстовые бокситы залегают на закарстованной поверхности карбонатных пород.

Месторождения бокситов находятся на Урале (Красная Шапочка и др.), в Архангельской (Северо-Онежское месторождение), Ленинградской (Бокситогорск) областях.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

Графит — C. Мягкий. Цвет железно-черный, стально-серый. Черта черная. Спайность весьма совершенная. Сплошные чешуйчатые массы.

Графит образуется в результате метаморфизации каменных углей, битумов и других веществ, богатых углеродом.

Применяется графит в металлургической промышленности, в электропромышленности. В последнее время применяется для изготовления графитовых блоков «атомных котлов» и деталей космических кораблей.

На территории Советского Союза имеется 11 графитоносных провинций: Украинская, Уральская, Тунгусская, Уссурийская и др.

Сера — S. Блеск неметаллический. Не царапает стекло. Цвет серно-желтый. Черта белая. Загорается от спички. При горении выделяет резкий, удушливый газ. Сера бывает поверхностного и вулканического происхождения. Сера поверхностного происхождения образуется при восстановлении сульфатов (гипс) органическими веществами и при окислении сульфидов (пирит).

Концентрация серы вулканического происхождения приурочена к жерлам вулканов и к пустотам вулканических пород.

Сера — основа химической промышленности. Три четверти серы идет на изготовление серной кислоты.

Галит (каменная соль, поваренная соль) — NaCl.

Блеск неметаллический. Не царапает стекло. Бесцветный, белый, сероватый. Черта белая. Вкус соленый.

Галит — лагунный и озерный химический осадок.

Галит — сырье для получения соляной кислоты и ее солей. Соль — пищевой продукт.

Месторождения: озера Баскунчак, Эльтон и др.

Сильвин — KCl и *карналлит* — $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$ — калийные соли. Блеск неметаллический. Не царапают стекло. Цвет у сильвина молочно-белый, у карналлита — красный, желтоватый. Черта белая. Вкус горький.

Происхождение — лагунный химический осадок.

Сильвин и карналлит — сырье для производства калийных удобрений.

Месторождения: Соликамское (Пермская область), Старобинское (Белоруссия) и др.

Гипс — $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Блеск неметаллический. Мягкий. Бесцветный, белый. Черта белая. Не имеет вкуса. Не реагирует с разбавленной соляной кислотой. Гипс — лагунный, озерный химический осадок. Применяется в архитектурном и скульптурном деле, в медицине.

Месторождения: западный склон Урала, Поволжье, Донбасс.

Мирабилит (глауберова соль) — $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Блеск неметаллический. Не царапает стекло. Бесцветный, белый. Вкус горько-соленый, холодящий.

Происхождение поверхностное — лагунный, озерный химический осадок. Используется мирабилит в производстве соды, в стекольной промышленности, в холодильном деле, в медицине.

Гигантской «фабрикой» мирабилита является залив Каспийского моря Кара-Богаз-Гол (Туркмения).

Апатит — $Ca_5[PO_4]_3(F, OH)_2$. Блеск неметаллический. Твердость средняя. Цвет зеленый, синевато-зеленый. Черта белая.

Образуется апатит в результате магматической дифференциации и по происхождению связан с нефелиновыми сиенитами.

Апатит и фосфорит применяются для получения удобрений (суперфосфатов).

Мировые запасы апатитов сосредоточены в месторождениях хибинских тундр (Кольский полуостров).

Фосфорит $Ca_5[PO_4]_3(F, OH)_2$ с примесью $CaCO_3$. Блеск неметаллический. Твердость средняя или твердый. Цвет и черта темно-серые, черные. Желваки, имеющие угловатую или округлую форму; шарообразный. При трении одного куска фосфорита о другой издает запах, напоминающий запах жженой кости. Реагирует с разбавленной соляной кислотой.

Фосфориты образуются в результате биохимических процессов, происходящих в мелководной части моря.

Применение фосфорита такое же, как и апатита.

Месторождения: Каратау (Казахстан), Чилисайское (Актюбинская область), Вятско-Камское, Подольское (Украина), Егорьевское (Московская область) и др.

З а д а н и е.

Посетите места добычи полезных ископаемых. Познакомьтесь со способами добычи и применением полезных ископаемых. Напишите краткий отчет о том, что вы видели, сделайте коллекцию из собранных во время экскурсий образцов и оформите фотомонтаж

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Земная кора с момента образования и до наших дней испытывает непрерывное воздействие двух сил: внутренних — эндогенных и внешних — экзогенных.

Эндогенные процессы — это проявление внутренней энергии Земли, возникающей в ее недрах. К внутренним процессам, вызванным внутренними силами, относятся так называемые тектонические, магматические и метаморфические. Внутренние геологические процессы приводят к внедрению в слои земной коры вещества глубинных зон Земли и образованию полезных ископаемых глубинного происхождения.

Внутренние силы Земли изменяют формы ее поверхности, создают неровности в виде углублений и поднятий и тем самым придают контрастность рельефу и разнообразят его.

Экзогенные процессы происходят на поверхности Земли и на небольшой глубине в земной коре. Источниками экзогенных сил являются солнечная энергия, действие силы тяжести и жизнедеятельность организмов. Внешние силы стремятся сгладить неровности, созданные внутренними силами; они придают земной поверхности более или менее равнинную форму, разрушая возвышенности, заполняя углубления продуктами разрушения. Процесс разрушения и переноса продуктов разрушения внешними силами называется *денудацией*. Разрушая земную поверхность, внешние силы создают толщи осадочных горных пород и полезные ископаемые поверхностного происхождения. Заполнение углублений продуктами денудации называется *аккумуляцией*.

Внутренние и внешние процессы объединяются общим названием геологических. Геологические процессы сводятся к созиданию и разрушению. В основном эти процессы протекают медленно, и человеку за всю его жизнь невозможно заметить их. Но есть процессы, например извержения вулканов или землетрясения, происходящие в короткий промежуток времени, и человек может наблюдать сам процесс и увидеть его результаты.

Земная поверхность в каждый отдельный момент своего существования представляет результат «борьбы» внутренних и внешних

геологических сил. В некоторые моменты с большей интенсивностью действуют внутренние силы, в другие моменты преобладают внешние силы. Этим определяется внешний облик земной поверхности. Внутренние и внешние процессы происходили в течение всей истории развития Земли, они происходят и сейчас. Современная поверхность Земли непрерывно видоизменяется под влиянием этих сил.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Обручев В. А. Занимательная геология. М., Наука, 1965.

ВНУТРЕННИЕ, ИЛИ ЭНДОГЕННЫЕ, ПРОЦЕССЫ

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Под действием внутренних сил на земную кору возникают процессы, называемые тектоническими движениями, которые вызывают деформацию — изменение формы земной поверхности и нарушение залегания горных пород.

С тектоническими движениями в земной коре связаны горообразование, землетрясение, вулканизм, глубинное рудообразование. От этих движений зависят также форма, характер и интенсивность разрушения земной поверхности, осадконакопление, распределение суши и моря.

Тектонические движения — движения литосферы и подкоровых масс.

Основная причина тектонических движений — развитие вещества внутренних частей Земли. Гравитационная конвекция — главный процесс, формирующий тектонический лик Земли. Также большое значение имеют процессы физико-химического изменения вещества в глубинах Земли. Выделение энергии происходит за счет образования ядра Земли, радиоактивного распада.

Тектонические движения земной коры подразделяются на *колебательные* и *дислокационные*.

Колебательные движения не вызывают резких нарушений первоначального залегания горных пород. Они не приводят к нарушению в залегании пластов.

Дислокационные движения проявляются с большей амплитудой и скоростью, чем колебательные. Они приводят к изменению первичного залегания пород: породы приобретают нарушенное залегание.

Дислокационные движения подразделяются на *складкообразовательные* и *разрывообразовательные*.

При складкообразовательных движениях горные породы под воздействием тектонических процессов сминаются в складки. Складкообразование — изгибание слоев горных пород — процесс необратимой, преимущественно пластической деформации. При раз-

рывообразовательных движениях возникают трещины. Тектонические разрывы — сколовые или отрывные нарушения.

Колебательные движения проявляются постоянно и повсеместно и выражаются в медленных вертикальных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры

Изучение складкообразовательных и разрывообразовательных движений земной коры имеет большое практическое значение. Со складчатыми движениями земной коры связано образование артезианских бассейнов подземных вод, формирование нефтяных месторождений. Разрывные движения способствуют образованию рудных жил, минеральных источников, но они осложняют также разработку полезных ископаемых. Углубленное изучение планетарного структурного рисунка новейших деформаций помогает выявить зоны наибольшей сейсмической опасности. Тектонические трещины служат проводниками нефти и газа. Поднятия образуют естественные плотины, перед которыми образуются наиболее богатые скопления россыпей благородных металлов и драгоценных камней. Изучается трещиноватость горных пород при строительстве тоннелей, карьеров, чтобы правильно направить горные работы. Тектонические движения необходимо учитывать при строительстве крупных промышленных сооружений, плотин гидроэлектростанций.

ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТОВ ЗЕМЛИ

В горных районах, где наиболее интенсивно проявляются складкообразовательные и разрывообразовательные движения, можно увидеть, как выглядят складки и разрывы горных пород.

Складками называются волнообразные изгибы пластов земной коры. Размеры складок измеряются от миллиметров до сотен километров в длину и десяток километров в ширину.

Под действием горизонтальных сил, направленных в противоположные стороны, могут произойти разрыв слоев и смещение их относительно друг друга. Такие смещения слоев называются *сдвигами*. Сдвиги могут иметь протяженность в сотни и тысячи километров и характеризуются длительным развитием. Если под действием боковых сил, направленных навстречу друг другу, слои разрываются и одни массы пород надвигаются на другие, образуются *на́двиги*. Надвиг — это надвигание одних пород на другие по поверхности разрыва под углом. Надвиги крупных масштабов, когда огромные массы горных пород смещаются на большие расстояния и надвигаются друг на друга по пологой поверхности надвига, называются *шарьяжами* или *тектоническими покровами*. Шарьяж смят в складки. Складки, сдвиги и надвиги характерны для Кавказа, Крыма.

Если горные породы из-за расколов земной коры разрываются на части под действием радиальных сил и смещаются относительно друг друга, в вертикальном направлении возникает так называемый *сброс* (рис. 2). Амплитуда смещения при сбросе может дости-

гать 1—2 км. Примером сброса могут служить Жигулевские горы на Волге. В Жигулевском сбросе соприкасаются породы, образовавшиеся 350 млн. лет назад (каменноугольный период) и 65 млн. лет назад (палеогеновый период). Вертикальное смещение доходит до 700 м.



Рис. 2. Сброс

Сбросы приводят к образованию *горстов* и *грабенов* (рис. 3). Горст — это выступ между двумя впадинами; грабен — впадина, образовавшаяся между двумя выступами. Горсты представляют сбросовые или глыбовые горы; грабены — межгорные котловины, которые иногда бывают заполнены водой (озера тектонического происхождения). Классический пример грабена — Телецкое озеро, горста — Алтайские горы.

Складки, сдвиги, надвиги и шарьяжи — это результаты сжатия; сбросы, горсты и грабены — растяжения земной коры.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Земная кора находится в состоянии непрерывного движения. Ни одна точка земной коры не остается в покое. Земная кора испытывает постоянные колебания различного (вверх, вниз) направления и величины. При этом знак колебательных движений может меняться. Одни участки испытывают преобладающее поднятие, другие — опускание в течение очень длительного геологического времени. В последнее время научно установлено, что вертикальные поднятия и опускания играют основную роль в жизни земной коры. Они приводят к поднятию гор, к образованию впадин, к изменению очертаний суши и моря.



Рис. 3. Горст и грабен

Скорость этих движений незначительна, она колеблется от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров в год. Движения недоступны для непосредственного наблюдения, о них можно судить лишь по косвенным признакам.

На медленные поднятия указывают морские террасы, которые представляют береговую площадку, некогда выработанную в результате работы моря. Ширина этих террас в Норвегии, например, измеряется десятками метров. Аналогичные террасы можно наблюдать и на Черноморском побережье Кавказа в районе Нового Афона, в окрестностях Гагры. О прежнем высоком положении воды можно судить и по следам сверлящих моллюсков-камнеточцев, оставшимся на скале, сухим дельтам рек, выступившим подводным камням, появлению островов, сухих гаваней, обрывистости берега моря и водопадам, образованным реками в этой части. В результате медленных поднятий земной коры в настоящее время некоторые древние порты оказались на довольно значительном удалении от берегов, острова были присоединены перемычками суши к континенту. О поднятиях морского дна можно судить по коралловым рифам. Кораллы — морские животные, они могут жить лишь в морской среде не выше уровня прилива. Если кораллы оказываются выше уровня прилива, они погибают. Появление коралловых рифов выше этой отметки, несомненно, указывает на поднятие морского дна.

На погружения отдельных участков земной коры указывают затопленные водой береговые террасы, наличие подводных речных долин в устье рек (Амазонка, Конго), подводное продолжение фьордов (Норвегия), затопленные устья рек — лиманы (побережье Черного моря), наличие эстуариев (приносимый реками обломочный материал не накапливается в устье), затопленных лесов, торфяников, дорог, поселений человека. О погружениях морского дна можно судить по тем же коралловым рифам. Кораллы обитают преимущественно на глубине 20—50 м. При опускании участка морского дна коралловые рифы оказываются на бо́льших глубинах, где их обитатели — кораллы — из-за недостаточного содержания кислорода в воде погибают. Наиболее точным методом определения степени опускания или поднятия является метод повторной геодезической съемки местности. Для этой цели пользуются наклономерами, позволяющими решать эту задачу за наиболее короткий срок. Геодезические данные позволяют составлять карты вертикальных колебаний для крупных территорий.

Прекрасным примером современного поднятия является Скандинавия. В Норвегии наблюдается около пяти древних береговых террас. Северная часть Финляндии поднимается со скоростью 1 см в год. Площадь Финляндии увеличится за 100 лет примерно на 1000 км^2. Рекордная величина поднятия — за тысячелетие на 105 м — наблюдается во внешней части Сенре-Стремфьорда (о. Гренландия).

Опускания особенно характерны для Нидерландов. Жители защищают от затопления страну сложной системой дамб, плотин

и постоянно следят за их сохранностью. $^2/_3$ территории Нидерландов находится ниже уровня моря.

В Советском Союзе испытывают поднятия западные районы — Эстония, Латвия, значительные части Литвы, Белоруссии, Западной Украины и Среднерусской возвышенности. Опускания происходят на территории между Москвой и Ленинградом, в Тамбовской низине и других местах.

На опускающиеся участки суши наступает море. Этот процесс известен под названием *трансгрессии*. В районах поднятия суши море отступает. Отступление моря называется *регрессией*. Регрессии характеризуются вертикальной сменой глубоководных отложений мелководными (глины сменяются песками, пески — галечниками). При трансгрессии обратная картина — смена мелководных отложений глубоководными.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

С колебательными движениями земной коры приходится считаться при оценке территорий, предназначенных для строительства портов, плотин, каналов, оросительных и дренажных систем, гидроэлектростанций, водохранилищ.

Следствие медленных поднятий — обмеление прибрежной зоны, слияние мелких островов в большие, уменьшение глубин проливов между островами, присоединение островов к материку. В результате поднятий Скандинавского полуострова пришлось несколько раз переносить столицу Швеции Стокгольм в сторону Балтийского моря, чтобы сохранить город как порт. Колебательные движения в степных и лесостепных зонах влияют на эрозию почв, то усиливая, то снижая интенсивность роста оврагов. Повышение и понижение уровня грунтовых вод или стимулируют, или замедляют процесс торфообразования. Медленные поднятия, происходящие, например, в Полесье, благоприятствуют осушению заболоченных земель. Следовательно, эти поднятия нужно учитывать при мелиоративных работах. Поэтому так важно учитывать возможные тектонические опускания или поднятия берега при строительстве на морских побережьях.

Колебательные движения могут привести к изменению гидрографии отдельных районов: к изменению интенсивности стока рек, к изменению направления их течений и даже к перестройке всей гидрографической сети. Эти движения приводят к перекосу опор линий электропередачи, нарушают работу газо-, нефте- и водопроводов.

Колебательные движения запечатляются в рельефе, в тектонических структурах, в осадках. Смену осадконакопления определяют колебательные движения земной коры. Колебательные движения обусловливают цикличность тектонических процессов, ритмичность осадконакопления, закономерную смену тектонических режимов для каждого участка земной коры, возможность тектонической и

стратиграфической периодизации. Пространственная неоднородность одновременных колебательных движений обусловливает одновременное существование областей с разным тектоническим режимом, что дает возможность тектонического районирования с учетом тектонической неоднородности земной коры. Вертикальными движениями обусловлено распределение на земной поверхности областей денудации и осадконакопления. Изучение колебательных движений даст возможность установить закономерности в распределении в земной коре полезных ископаемых и тем самым позволяет научно и наиболее рационально вести поиски и разведку месторождений полезных ископаемых.

Изучение колебательных движений — «пульса Земли» — имеет немаловажное значение и в деле познания развития и строения Земли. Оно дает возможность установить взаимосвязи процессов между глубинными и поверхностными участками Земли.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Борисов С. С. Занимательно о горном деле. М., Недра, 1972.

Ларионов А. К. Занимательная инженерная геология. М., Недра, 1968.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Землетрясения — подземные толчки и колебания земной поверхности, вызванные процессами, происходящими в земной коре и в верхней мантии. Эти движения характеризуются весьма малой продолжительностью (доли секунды, секунды), но резко выражены. При землетрясении выделяется огромное количество энергии. Во время Верненского землетрясения (современная Алма-Ата) в 1910 г. в течение долей секунды, например, выделилось такое количество энергии, которое Днепрогэс выработает за 325 лет с полной нагрузкой. Ежегодно во всем мире при землетрясениях выделяется энергия, равная 660 трлн. лошадиных сил, или взрыву 130 млн. т тротила.

Явления, предшествующие землетрясениям, сопровождающие их и следующие за ними, получили название *сейсмических*.

Землетрясения происходят чаще, чем мы привыкли думать. Ежегодно на Земле происходит в среднем одно катастрофическое землетрясение, более 100 разрушительных, 1000 землетрясений, вызывающих незначительный ущерб, и более 100 000 землетрясений, регистрируемых лишь чувствительными приборами. «Городом-вибратором» называют японский город Мацусиро (префектура Нагано), где регистрируют наибольшее в мире количество толчков (более 6000 в год). Жители Мацусиро испытывают ежедневно 1—2 десятка толчков слабой и средней силы. В Исландии в местности Крафла в 1976 г. было зарегистрировано 100 толчков за один день. В нашей стране ежегодно происходит 3—5 тыс. землетрясений, из них 5—10 разрушительных.

Землетрясения происходят не только на суше, но и на дне морей и океанов. В этом случае их называют *моретрясениями*. Иногда моретрясения приводят в движение большие водные массы: образуются высокие волны *цунами*, стремительно наступающие на берег и вызывающие большие бедствия.

Цунами рождаются и в результате извержения подводных и островных вулканов и мощными оползнями.

Обычно цунами связаны с теми моретрясениями, при которых происходит изменение рельефа дна океана. Вероятно, цунами возникают в результате внезапного опускания крупных блоков морского дна, что лишает поддержки толщу воды, находящейся над этой частью морского дна. На этом месте образуется впадина. К ней устремляются водные массы, море начинает колебаться.

Цунами на территории нашей страны возникают возле камчатско-курильского побережья. Здесь организована специальная «служба цунами», которая предупреждает команды судов, население прибрежных городов и рыбацких поселков о надвигающейся опасности, для того чтобы были вовремя приняты необходимые меры безопасности. Прогнозы о приближающихся цунами делаются путем регистрации сопровождающих подводные землетрясения сейсмических волн, которые распространяются в 70 раз быстрее цунами.

СИЛА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Силу землетрясений оценивают по различным признакам: по ощущению сотрясений, по их разрушительному эффекту и максимальной величине смещения маятника сейсмографа — прибора, регистрирующего колебания, вызванные землетрясением. На основании наблюдений составлена шкала силы землетрясений. В разных странах применяются свои шкалы: в Советском Союзе — 12-балльная, в Японии — 7-, в Западной Европе — 10-балльная.

ОЧАГИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Очаг землетрясения, т. е. место, где в земной коре и в мантии произошли смещения горных пород, вызвавшие сотрясение почвы, получил название *гипоцентра*. Очаг (гипоцентр, фокус) — определенный объем в толще Земли. Чем сильнее землетрясение, тем больше этот объем. Участок, расположенный на поверхности Земли над гипоцентром, называется *эпицентром*.

Очаг землетрясения располагается на разных глубинах, в большинстве случаев в пределах 50—60 км. Наиболее разрушительны землетрясения, очаги которых расположены на глубине 100—300 км. В редких случаях очаг располагается на глубине 700—800 км. Иногда очаг землетрясения находится близко от земной поверхности. Наибольшая сила землетрясения наблюдается на поверхности Земли в эпицентре и в районах, прилегающих к нему. Эта область получила название *плейстосейстовой*.

ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Землетрясения — самые катастрофические явления природы. За несколько минут или даже секунд самые крепкие сооружения рушатся как карточные домики. Подземный толчок титанической силы за несколько мгновений превращает цветущий город в груду развалин.

Землетрясения ежегодно уносят около 15 тыс. человеческих жизней. Землетрясение 1923 г. за 8 секунд принесло убытки Японии, в 5 раз превышающие расходы в русско-японской войне. Самое крупное землетрясение произошло в Китае в 1556 г., оно привело к гибели 830 тыс. человек. Самое сильное землетрясение на территории нашей страны за последние 60 лет произошло в районе Муйско-Каундинской котловины (Северное Забайкалье): в земле образовались трещины до 20 м в ширину, возникло новое озеро.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Для обнаружения и изучения землетрясений существуют тонко чувствительные приборы — сейсмографы, которые помещаются на большую глубину, недоступную внешним помехам. В 27 км к северу от Токио находится самая глубокая на Земле — 3510 м — сейсмическая станция.

Для регистрации горизонтальных смещений пользуются горизонтальным сейсмографом, для обнаружения вертикальных смещений — вертикальным. На каждой сейсмической станции имеются три сейсмографа: вертикальный и два горизонтальных (в меридиональном и широтном направлениях).

Принцип работы сейсмографа сводится к тому, что при смещениях верхних слоев земной коры, вызванных землетрясением, смещается и сейсмограф, а следовательно, смещается и точка прикрепления тяжелого маятника — основной части сейсмографа — к штативу. Маятник, обладая инерцией (благодаря большой массе), при этом движении в первые моменты остается неподвижным; в дальнейшем он приходит в колебательное движение, не совпадающее с колебаниями подставки, на которой укреплен барабан с наложенной на него фотобумагой. Конец маятника чертит на бумаге кривые колебания. Колебания записываются механическим, оптическим и другими способами. Если земная кора спокойна, на фотобумаге, наложенной на вращающийся с определенной скоростью барабан, прочерчивается прямая линия, при колебаниях земной коры линия становится зигзагообразной. Такие записи называются *сейсмограммами*. В настоящее время в СССР организована сеть автоматических сейсмических станций, работающих без обслуживающего персонала, самостоятельно передающих сведения на центральный пункт. Сейсмограммы заменяются записью на магнитную ленту. При обработке сейсмических данных используют электронно-счетные машины.

Советские конструкторы создали сейсмограф, который едва уловимые сигналы сейсмических волн усиливает в 100 тыс. раз. Таким образом прибор фиксирует даже очень далекое и слабое движение внутри Земли.

ПРИЧИНЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сотрясения земной коры могут быть вызваны различными причинами. В зависимости от причин различают землетрясения обвальные, карстовые, вулканические и тектонические.

Обвальные землетрясения происходят вследствие горных обвалов, они не бывают сильными.

Карстовые, или *провальные*, землетрясения происходят в результате больших провалов в земной коре. В карстовых районах легкорастворимые в воде породы (каменная и калийные соли, гипс, известняк и др.) выходят на поверхность или залегают близко к ней, растворяются подземными водами, что приводит к образованию пустот, пещер. Обрушивание кровли этих пустот вызывает сотрясение почвы. Карстовые землетрясения носят местный характер и обладают небольшой силой. В СССР они наблюдаются в Татарской, Башкирской АССР и в других карстовых районах.

Вулканические землетрясения характерны для вулканических районов и имеют связь с вулканическими извержениями. Сильные взрывы, которые обычно сопровождают извержение вулканов, вызывают сотрясения земной коры. Эти землетрясения также носят местный характер, но они обычно более сильные по сравнению с предыдущими. В СССР вулканические землетрясения наблюдаются на Камчатке.

Тектонические землетрясения тесно связаны с движениями земной коры, когда в ней возникают громадные напряжения. Если сила напряжений превзойдет прочность горных пород, происходят разрывы, внезапные их перемещения, накопленная энергия мгновенно выделяется и огромной силы удар порождает упругие сейсмические волны. Землетрясение связано с разломами и перемещениями блоков литосферы.

Напряжения в земной коре возникают вследствие сложных перемещений вещества мантии и вследствие сжатия или расширения его объема. Напряжения могут возникнуть и от неравномерного разогрева вещества внутренним теплом Земли, при переходе части глубинного вещества из одного состояния в другое. Землетрясения развиваются не только в результате физико-механических процессов, но и в связи с физико-химическими условиями среды.

Тектонические землетрясения являются самыми сильными.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Существуют *сейсмические* области (зоны), где землетрясения часты и отличаются большой силой, и *асейсмические*, где они слабы и происходят редко. Сейсмические районы расположены в зоне тек-

тивных швов Земли». Это те участки земной коры и мантии, где наиболее активно проявляются тектонические процессы. Свыше 99% всей сейсмической энергии выделяется в пограничных зонах между основными литосферными плитами. Тектонические землетрясения происходят в зонах сжатия и растяжения литосферных плит. Зонами сжатия являются *побережье Тихого океана*, где или океаническая кора подминается под континентальную /Камчатка/ или океаническая под океаническую /Индонезия/ и *Альпийско-Гималайский пояс*, где континентальная кора подминается под континентальную. Зонами растяжения являются *рифтовые зоны* — срединно-океанические рифты и рифты на суше — районы Байкала, Кении /Восточная Африка/. В Тихоокеанском поясе выделяется около 80% сейсмической энергии, в Альпийско-Гималайском — около 15%, в мировой рифтовой зоне — около 5%.

Сейсмически опасные районы занимают более $^1/_5$ территории СССР. Это южные и восточные окраины страны: Карпаты, Горный Крым, Кавказ, Закавказье, Туркмения, Памир, Тянь-Шань, Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье, Камчатка, Сахалин, Курильские острова. На Курило-Камчатской дуге происходит около 80% всех землетрясений, регистрируемых на территории нашей страны.

К асейсмическим районам относятся Восточно-Европейская равнина, степные районы Западной Сибири, Среднесибирское плоскогорье.

АНТИСЕЙСМИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Сейсмические карты являются нормативными документами для строителей. В сейсмически активных зонах принимают специальные строительные меры, усиливающие сейсмостойкость сооружений. В сейсмических районах ведут особое, сейсмостойкое строительство, рассчитанное на наибольшую силу землетрясений в данной местности.

Основой предохранения зданий от разрушительного действия землетрясений является устранение жесткой связи стен здания с землей. Она заменяется подвижной, гибкой, податливой связью. При этом достигается неподвижность здания при землетрясении.

Задание.

Если вблизи вашего местожительства есть сейсмическая станция или служба цунами, посетите эти учреждения и ознакомьтесь с их работой.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Тазиев Г. Когда земля дрожит. М., Мир, 1968.
Гуревич Г. Подземная непогода. Научно-фантастический роман. М., Детгиз, 1956.
Землетрясения в СССР. М., Изд-во АН СССР, 1961.

МАГМАТИЗМ

Под магматизмом понимают внедрение огненно-жидкой массы внутренних зон Земли в земную кору и излияние ее на поверхность при вулканических извержениях. В зависимости от того, задержалась ли огненно-жидкая масса на глубине или излилась на поверхность, различают глубинный (интрузивный) и поверхностный (эффузивный) магматизм. Поверхностный магматизм называется также вулканизмом. Магматизм тесно связан с тектоническими движениями земной коры и верхней мантии и наблюдается в тех районах, где особенно активно проявляются эти процессы.

ГЛУБИННЫЙ (ИНТРУЗИВНЫЙ) МАГМАТИЗМ

В верхней части мантии (астеносфере) вследствие нарушения физико-химического равновесия (увеличение температуры, понижение давления и т. д.) образуется *магма* — высокотемпературный силикатный расплав, насыщенный газами.

Вещество внутренних зон Земли, находящееся в пластичном состоянии, при этом переходит в жидкое или вязкое состояние и приобретает способность проникать по трещинам в верхние части литосферы или даже изливаться на земную поверхность при вулканических извержениях.

Магматические очаги бывают мантийные, подкоровые и внутрикоровые. Они характерны для различных типов земной коры: океанической (о. Гавайи), переходной (Камчатка), континентальной (Эльбрус, Кавказ).

При тектонических процессах магма внедряется в земную кору. Бóльшая часть внедрившейся магмы, не выходя на поверхность, застывает на различных глубинах в земной коре, и лишь незначительная ее часть по трещинам поднимается и изливается на поверхность Земли. Излившаяся магма частично теряет газы, водяной пар. Магма такого состава называется *лавой*.

МАГМАТИЧЕСКОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ

Магма, внедряющаяся в земную кору, имеет высокую температуру и находится под высоким давлением вышележащих толщ Земли. В этих условиях начинается [illegible]. В процессе охлаждения составные части магмы [illegible] собой в химические реакции — образуются минералы магматического происхождения.

В камере интрузива еще в жидкую фазу проявляются явления расслаивания магмы. Важную роль при этом играют конвекционные течения в расплавах. Тяжелые элементы, находясь в расплаве, медленно погружаются. Это приводит к дифференциации магмы, постепенному освобождению верхней части магматического очага

от тяжелых компонентов и обогащению ее легкими элементами. Этот процесс получил название *ликвации*.

При дальнейшем охлаждении магмы химические элементы начинают постепенно вступать в химические реакции — образуются минералы магматического происхождения, выделяющиеся в определенной последовательности.

Температура затвердевания у химических элементов различна, поэтому не все минералы образуются одновременно. В первую очередь выделяются тугоплавкие соединения, по мере охлаждения магмы — менее тугоплавкие.

На процесс минералообразования, кроме температуры, оказывают влияние давление, состав и концентрация компонентов.

На порядок выделения минералов влияют состав магмы (в том числе и газов), скорость остывания магмы, зависящая от глубины магматического очага и его размеров, состав вмещающих пород.

Расщепление магмы на составные части по мере остывания и кристаллизации называется *кристаллизационной дифференциацией*. Кристаллы могут реагировать с остаточным расплавом и образовывать новые соединения.

Обломки окружающих магматический очаг горных пород, так называемые *ксенолиты*, попадая в магму, ассимилируются (усваиваются) последней; магма также расплавляет окружающие ее боковые породы. Этот процесс, известный под названием *синтексиса*, может привести к изменению химического состава отдельных участков магматического очага. Так, например, магма, соприкасаясь с известняками, обогащается кальцием, соприкасаясь с кварцевыми песками или песчаниками, — кремнеземом, соприкасаясь с глинистыми породами — глиноземом и т. д.

Процессы дифференциации магмы и ассимиляции ею окружающих пород способствуют образованию магм различного химического состава и обусловливают разнообразие магматических горных пород.

Магматические флюиды, поступающие из глубин, возможно, способны преобразовать любую породу в гранит (процесс гранитизации). Процесс гранитизации в одних случаях рассматривают как расплавление вмещающих пород, а в других — как процесс диффузионного замещения в твердом состоянии.

Магматический очаг постепенно заполняется твердыми минеральными образованиями, из которых состоят магматические породы (граниты, габбро и др.).

ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГЛУБИННЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Застывающая в толще земной коры магма приобретает различные формы. Наиболее часто встречаются *батолиты* (рис. 4). Батолит имеет большие размеры и неправильную форму. Площадь, занимаемая им, всегда превышает 200 км². Батолиты образуются из

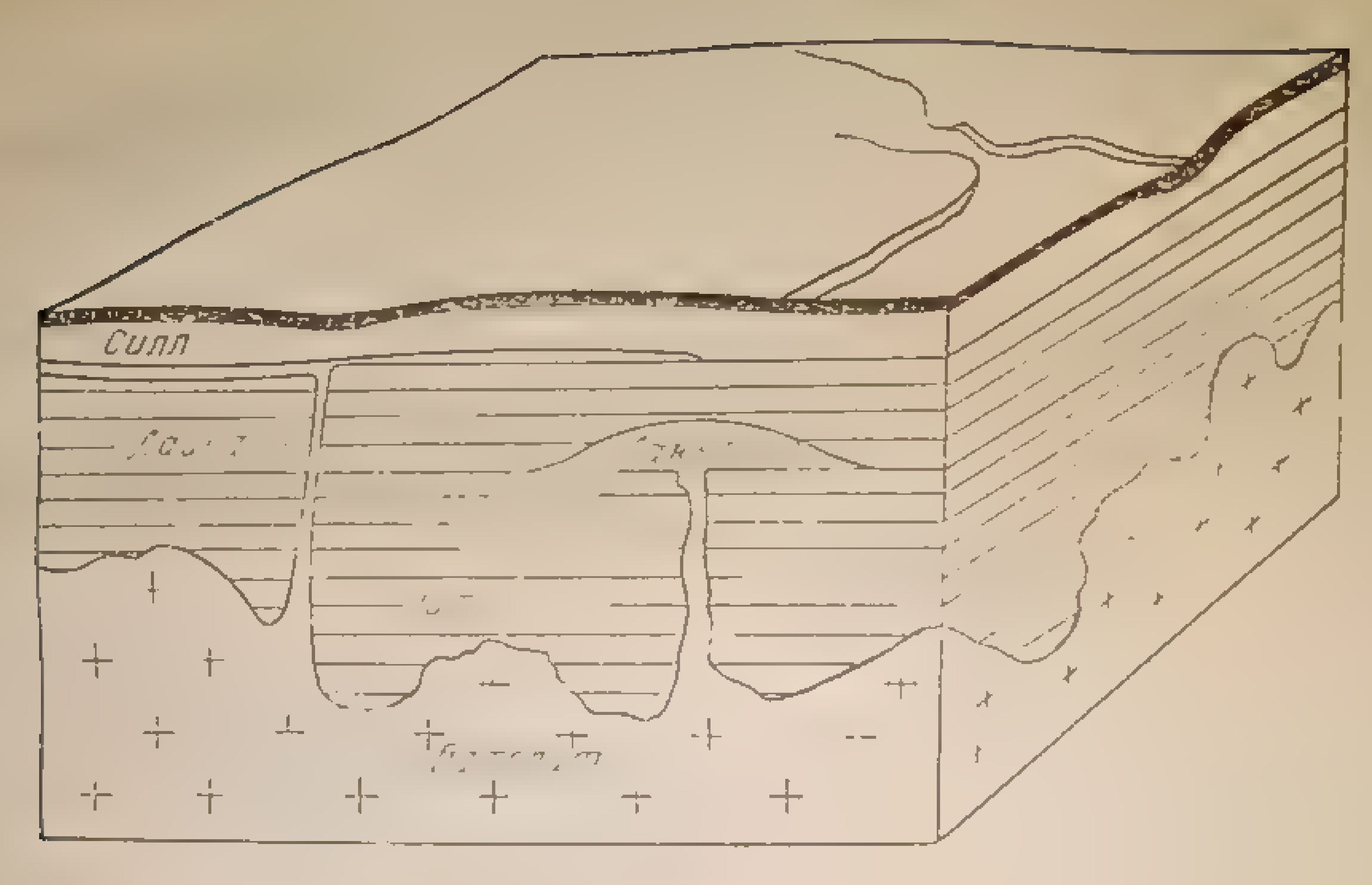


Рис. 4. Формы залегания глубинных магматических пород

больших глубинах. *Шток* очень напоминает батолит, но он гораздо меньших размеров: площадь, занимаемая им, менее 200 км².

Лакколит образуется на средних глубинах. Он имеет определенную форму — либо грибообразную, либо каравaеобразную. Лакколит имеет дно и подводящий канал. Образуется он в результате внедрения магмы между слоями осадочных пород. Характеризуется относительно небольшой протяженностью, но относительно большой мощностью (раздув). Если в результате денудационных процессов лакколиты обнажаются, они образуют лакколитовые горы, например Аюдаг в Крыму, группа гор в районе Пятигорска на Кавказе.

***Силл*, или *интрузивная залежь*, образуется на небольших глубинах.** Она представляет магматическую жилу, залегающую среди осадочных толщ. Силл, в отличие от лакколита, имеет небольшую мощность, но зато значительную протяженность. Мощность силла достигает 600 м. В форме силлов залегают сибирские траппы, расположенные между Енисеем и Леной. Силлы могут иметь многоярусное расположение.

Дайка также образуется на небольшой глубине в результате внедрения магмы в вертикальные или наклонные трещины. От силла дайка отличается тем, что залегает среди осадочных пород несогласно, она сечет их.

Длина даек достигает 100 км, мощность от сотых долей миллиметра до 250 м. При растяжении земной коры образуются дайки, силлы, лакколиты.

ПЕГМАТИТОВЫЙ ПРОЦЕСС

В процессе охлаждения магмы наступает такой момент, когда затвердела ее основная масса, образовав магматические породы, но осталась еще какая-то часть в расплаве. Этот остаточный расплав

сохраняется в трещинах магматических и окружающих магматический очаг пород. В этих же трещинах накапливаются летучие соединения магмы — газы, водяной пар, которые выделяются из магмы в процессе её охлаждения.

Летучие компоненты магмы — хорошие катализаторы: в их присутствии особенно благоприятно протекают процессы кристаллизации. В трещинах образуются крупные кристаллы отдельных минералов и пород крупнозернистого строения. Это так называемые *пегматитовые жилы.*

В пустотах пегматитовых жил (в занорышах) образуются кристаллы самоцветов самых разнообразных окрасок: золотисто-желтые и нежно-голубые топазы, фиолетовые аметисты, дымчатый и черный кварцы, бесцветный горный хрусталь.

Кристаллы поражают не только красотой формы и цвета, но и размерами. На Урале из одного занорыша было извлечено 20 кристаллов топаза весом от 550 г до 3 кг. Там же были найдены кристаллы горного хрусталя весом 1 т и 784 кг. В пегматитовых жилах встречаются монолиты слюды весом свыше полутонны.

ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ ПРОЦЕСС

Пневматолитовый процесс получил свое название от греческого слова «пневма» — газ — в связи с тем, что в нем активное участие принимают летучие вещества. Пневматолиз — процесс образования минералов за счет взаимодействия с горными породами газов и летучих веществ, выделяющихся из магмы при ее внедрении в толщу земной коры и последующем охлаждении, или их возгонки (отложения в твердом виде), или взаимодействия газов. Путем пневматолиза из магмы выносятся многие металлы и металлоиды.

В пневматолитовых образованиях в виде вкраплений встречаются такие редкие и очень ценные минералы, как касситерит, вольфрамит, молибденит.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Магматический очаг продолжает остывать, из магмы выделяется водяной пар. В этих условиях наступает момент, когда в трещинах водяной пар накапливается в слишком большом количестве. Поскольку пар находится в условиях высокого давления, конденсация его и превращение в воду происходят при более высокой температуре, чем на поверхности Земли. Эта высокотемпературная вода является растворителем многих химических элементов.

Термальные, т. е. высокотемпературные, воды по трещинам поднимаются на поверхность Земли и становятся минеральными источниками. В той части воды, которая не находит выхода на поверхность и постепенно охлаждается, выделяются химические соединения — минералы. Водные жилы получили название *гидротермальных.* Гидротермальный процесс минералообразования происходит при понижении температуры и давления, при химическом взаимодействии с растворами другого состава и с боковыми породами.

Гидротермальные жилы большей частью бывают кварцевыми, иногда кальцитовыми и другими. В них в виде вкраплений выделяется золото, халькопирит, пентландит, пирит, галенит, сфалерит, киноварь, антимонит, реальгар. Как видно из перечня, это в основном минералы, служащие рудой для получения многих нужных народному хозяйству цветных металлов. Поэтому гидротермальные жилы еще называют *рудными*.

КОНТАКТОВОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ

Процессы минералообразования происходят и в зоне соприкосновения (контакта) магмы с окружающими породами под воздействием горячих растворов магмы. В результате химического взаимодействия между магмой и окружающими породами образуются новые минералы — минералы контактового происхождения. В этой зоне образуются магнитный железняк, медный колчедан.

Вопросы и задания.

1. Как протекало охлаждение магмы, если при этом образовалась порода неравномерно-зернистого строения? 2. Одна магматическая порода имеет крупнозернистое строение, другая — мелкозернистое. Какая из них образовалась при более быстром охлаждении? 3. Имеются ли в вашей местности горные породы и полезные ископаемые магматического происхождения? Как они образовались? Где используются? Оформите коллекции «Магматические породы» и «Полезные ископаемые глубинного происхождения».

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Ефремов И. А. Озеро горных духов. М.—Л., Детгиз, 1954.
Ферсман А. Е. Рассказы о самоцветах. М., Изд-во АН СССР, 1961.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ (ЭФФУЗИВНЫЙ) МАГМАТИЗМ, ИЛИ ВУЛКАНИЗМ

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНОВ

Вулканы — это геологические образования в виде конусовидных гор, куполовидных или щитовидных возвышенностей. На вершине вулкана располагается воронкообразное или чашеобразное углубление, называемое *кратером*, от которого в глубину земной коры уходит выводной канал — *жерло*. Через жерло магма из глубин Земли поднимается и извергается на поверхность.

Извержение вулкана — грозное явление природы, сопровождающееся страшным грохотом от взрывов. Из газов и пепла образуются тучи, средь бела дня становится темно, как ночью, сверкают

разряды молний, слышатся громовые раскаты. В кратере полыхает пламя. То огненный, то дымовой столб поднимается ввысь на несколько километров. Иногда газы воспламеняются и образуют ревущий огненный столб, который бывает виден ночью за 40—50 км. Пламя при извержении иногда настолько сильно, что вокруг на большой площади (радиусом до 2,5 км) выгорает трава. Вулкан при извержении напоминает гигантский кипящий, ревущий дрожащий котел, находящийся под колоссальным давлением.

Из вулкана при извержении выбрасываются сотни тонн пепла, земля покрывается им на протяжении многих километров. Иногда пепла выпадает так много, что он погребает под собой города и деревни. Один из самых северных действующих вулканов Камчатки — Шивелуч — при извержении выбросил 5 млрд. т пепла. Для выполнения этой работы потребовалась бы энергия 20 средних атомных бомб, взорванных одновременно. Площадь, покрытая пеплом имела в длину несколько сотен километров и в ширину десятки километров. Взрывы вулканов по силе равны взрывам нескольких термоядерных бомб.

Вулканические извержения часто сопровождаются ливнями и бурями. При этом водные потоки несут громадное количество обломочного материала, способствуют таянию снегов, лежащих в горах, и представляют собой даже бóльшую угрозу для близлежащих населенных пунктов, чем потоки лавы.

ПРОДУКТЫ ВУЛКАНИЗМА

Среди продуктов вулканических извержений различают твердые, жидкие и газообразные. В большинстве случаев при извержении вулканов сначала выделяются газы и пары, затем при взрыве образуется обломочный материал и наконец выливается жидкая лава.

К *газообразным* продуктам относятся пары воды, сероводород, углекислый, сернистый и другие газы.

Жидкий продукт вулканической деятельности — это лава. Лава при выходе из кратера имеет температуру от 700 до 1200 °С и течет, как расплавленный металл, со скоростью 1—2 м/с. Иногда скорость движения лавы достигает 8 м/с. 10 января 1977 г. при извержении вулкана Ньира-Гонга (Заир) излилась очень жидкая лава (по текучести сравнимая с водой) — скорость достигала 60 км/ч. Всего за 1 ч вылилось около 20 млн. м³ лавы. Лавовые потоки имеют и небольшие и очень большие размеры. Длина лавового потока колеблется от 1 до 120 км, ширина — до 500 м, толщина достигает 25—30 м. Зарегистрированы случаи, когда за сутки вулкан изливал 10—20 тыс. т лавы.

Твердые продукты образуются при взрыве и представляют обломки горных пород, составляющих конус вулкана.

Твердые продукты извержения образуются также в результате

разбрызгивания при взрыве жидкой лавы, которая охлаждается и затвердевает в воздухе. К ним относятся мельчайшие пылеобразные частицы, называемые *вулканическим пеплом*, более крупные частицы — величиной от крупного зерна до горошины — *вулканическим песком*, еще более крупные частицы — величиной от горошины до грецкого ореха — *лапиллями*, еще более крупные обломки — величиной от грецкого ореха до кулака — *вулканическим щебнем* и самые крупные обломки — *вулканическими бомбами*, вес которых доходит до нескольких тонн. На Камчатке можно встретить бомбы размером с двухэтажный дом.

Среди продуктов вулканических извержений преобладают твердые. Годовая сумма выбросов всех вулканов Земли примерно 3 млрд. т.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ВУЛКАНОВ

Классифицируют вулканы по характеру извержений, зависящих от состава лавы, степени ее вязкости, количества содержащихся в ней газов. Различают вулканы трещинного и центрального типов.

Любое проявление вулканического процесса начинается с образования трещин в земной коре.

При *трещинных излияниях* лава выливается из глубоких трещин, образовавшихся в результате разломов земной коры. Выливаясь из трещин лава растекается и покрывает большие площади (в несколько миллионов квадратных километров), образуя лавовые покровы толщиной в несколько сотен, а в некоторых случаях в несколько тысяч метров (например, на Деканском плоскогорье лавовые покровы имеют толщину 3 тыс. м). Трещинные излияния бывают континентальные и подводные.

Трещинные излияния особенно характерны для геологического прошлого Земли. На суше трещинные излияния сейчас наблюдаются в Исландии. Длина тектонических трещин в Исландии, через которые изливается лава, достигает 20—35 км. Из одной такой трещины в 1783 г. излилось 12,5 км^3 лавы. Поверхность Исландии в основном покрыта вулканическими материалами.

Примерами трещинных излияний в прошлом могут служить также Колумбийское плато (США), Армянское вулканическое нагорье.

Существуют вулканы *центрального типа*, которые также приурочены к тектоническим трещинам. Но их извержения, в отличие от трещинных излияний, происходят лишь в отдельных местах трещин.

Различают четыре типа центральных извержений: гавайский, стромболианский, везувианский и пелейский.

Вулканы *гавайского типа* характерны для островов Тихого океана, особенно Гавайских. Извержения вулканов этого типа начинаются с того, что дно кратера, бывшее до этого ровным и твердым, постепенно плавится, чаша вулкана заполняется жидкой лавой



Рис. 5. Вулкан гавайского типа

базальтового состава, имеющей высокую температуру (до 1200° С), и вулкан превращается в лавовое озеро (рис. 5). Временами из расплавленной массы поднимаются фонтаны раскаленной лавы. Процесс извержения фактически сводится к периодическому изменению уровня лавы в кратере. Лава, то опускаясь, то поднимаясь, иногда переливается через края кратера в виде весьма эффектных, особенно в ночное время, лавопадов. Извержение обычно носит спокойный характер, так как газы и водяной пар проходят через жидкую лаву свободно и взрыва не происходит. Поэтому при извержении вулканов этого типа обломочный материал не образуется. Вулканы имеют вид невысоких вулканических конусов с очень пологими склонами (напоминают плоский щит) и состоят из застывшей лавы. Единственным на территории СССР вулканом гавайского типа является камчатский вулкан Толбачик.

Вулканы *стромболианского типа* получили свое название от вулкана Стромболи, находящегося на Липарских островах (Средиземное море). При извержении вулканов этого типа выливается, как и в предыдущем случае, жидкая лава базальтового состава, бедная кремнеземом, менее горячая, более взрывчатая. В отличие от лавы вулканов гавайского типа лава вулканов стромболианского типа содержит больше газов, поэтому извержения сопровождаются взрывами, правда не очень сильными. При взрыве образуется некоторое количество обломочного материала. Характерно отсутствие тонкого обломочного материала — вулканического пепла. Это объясняется тем, что сила взрыва недостаточна для образования тонких твердых частиц. Вулканы этого типа имеют конус, состоя-

щий из затвердевшей лавы и крупного обломочного материала (рис. 6).

Наиболее распространенными в настоящее время являются вулканы *везувианского типа*. К ним относятся наиболее известные вулканы: Везувий, Этна, Ключевская Сопка. При извержении вулканов этого типа выливается лава гранитного состава, богатая кремнеземом, более вязкая, чем базальтовая, менее подвижная. Температура лавы ниже, чем в вулканах предыдущих типов (около 900° С). Лава богата летучими соединениями, поэтому извержение сопровождается сильными взрывами и образуется много обломочного материала, в том числе и вулканический пепел. Вулканы везувианского типа представляют собой довольно высокие горы. В разрезе вулканическая гора состоит из чередующихся слоев лавы и обломочного материала.

При извержении в 1902 г. вулкана Мон-Пеле, находящегося на острове Мартиника (Малые Антильские острова в Карибском море), от названия которого произошло и название типа вулканов — *пелейский*, с большой силой вырвались раскаленные газы и камни. Этим горячим облаком, несшимся с большой скоростью, мгновенно был уничтожен город Сен-Пьер с 26-тысячным населением. После этого из кратера выдавилась вязкая, тягучая лава, при застывании которой образовался обелиск («игла Пеле») высотой почти 500 м, в поперечнике около 100 м. Лава гранитного состава еще более богата кремнеземом, очень густая, тестоподобная и малоподвижная. Благодаря вязкости лавы и содержанию в большом количестве газов происходят сильнейшие взрывы. Сильнейший взрыв при извержении грозного вулкана Кракатау, расположенного между остро-



Рис. 6. Вулкан Стромболи

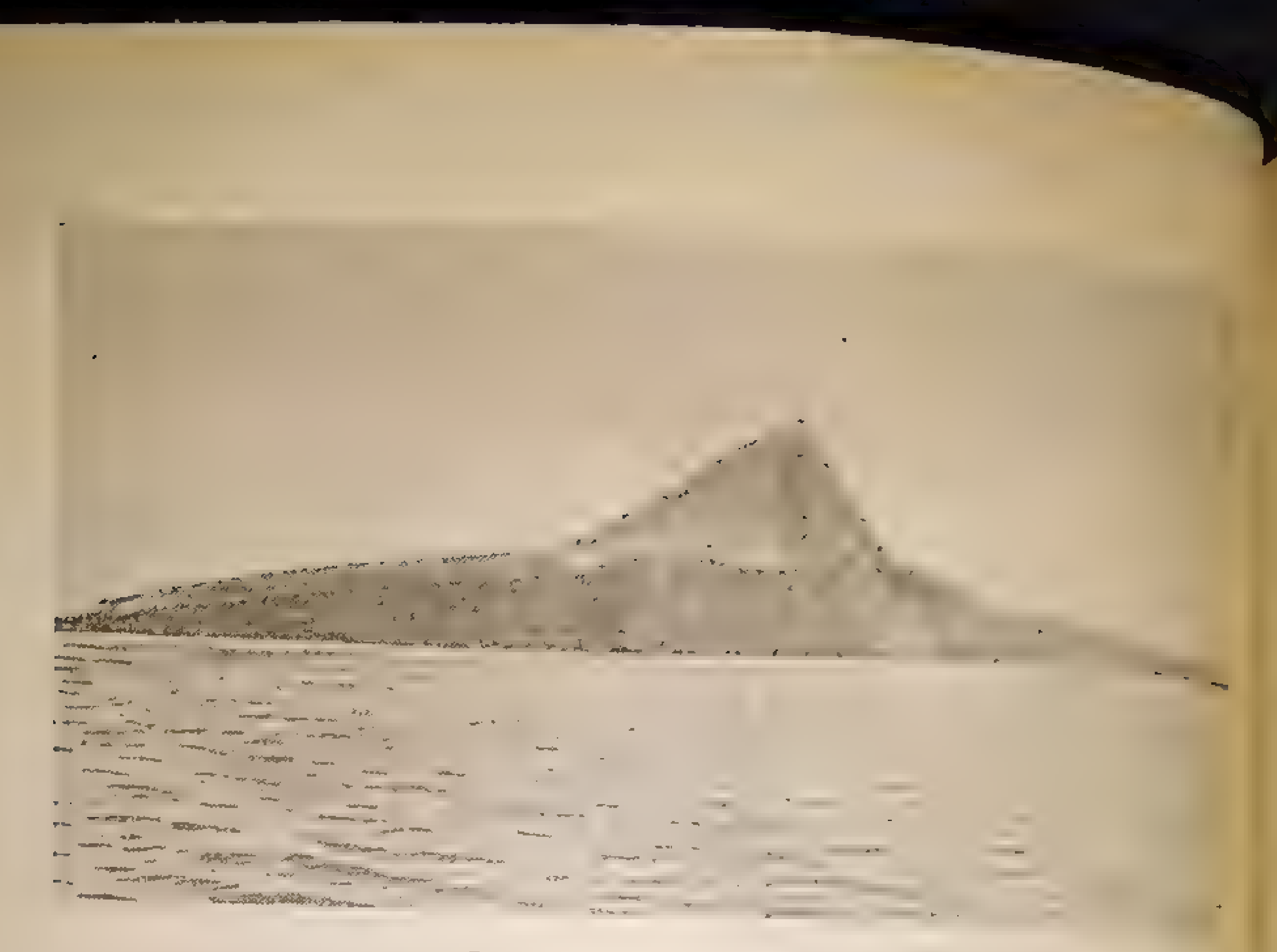


Рис. 7. Вулкан Кракатау

вами Ява и Суматра, в 1883 г. уничтожил более половины вулканического острова, образовав гигантский подводный кратер (рис. 7). Взрыв Кракатау был самым сильным из известных взрывов.

На склонах вулкана накапливается очень много обломочного материала. Гул и грохот, вызванные извержением этого вулкана, были слышны на расстоянии 5000 км — на ¹/₄ всей площади земной поверхности. Волна сжатого воздуха 7,5 раза обошла вокруг земного шара. Воздушные волны выдавливали окна и двери домов, расположенные в 800 км от центра извержения. В небо взметнулся столб пара, газов и камней на высоту 50 км. В море возникли огромные волны высотой 30—40 м. Волной были разрушены деревья, леса. При извержении Кракатау в 1883 г. вулканическая пыль облетела вокруг Земли почти 2 раза.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ВУЛКАНОВ

Вулканы подразделяются на две большие группы: вулканы рифтовых зон, возникающие на линиях растяжения земной коры в результате расхождения литосферных плит, и вулканы зон вдавливания литосферных плит в верхнюю мантию.

Вулканы первого типа изливают лаву базальтового состава, более жидкую, текучую, мало подвержены взрывам, второго типа — лаву более вязкую, менее подвижную, более взрывчатую.

Различают континентальные, островные и подводные вулканы.

Вулканы размещаются в трех районах — в *тихоокеанском вулканическом кольце* (побережье Тихого океана), в *Альпийско-Гималайском вулканическом поясе* и в *рифтовых зонах* океанов и суши (к разломам на Африканском материке приурочены вулканы Кения и Килиманджаро).

На территории СССР самыми вулканическими районами являются полуостров Камчатка и Курильские острова. На Камчатке имеется 186 вулканов, среди них 28 действующих. Крупнейший и наиболее активный вулкан Камчатки — Ключевская Сопка — самый высокий из действующих вулканов Евразии. На Курильских островах 250 вулканов, действующих 39.

АЛМАЗОНОСНЫЕ ТРУБКИ

Трубки взрыва, или диатремы, отличаются от обычных вулканов тем, что у них нет вулканического конуса. Процесс извержения этих вулканов ограничивается одним взрывом; лава на поверхности не появляется.

Образование диатрем, очевидно, можно объяснить тем, что газы, выделяющиеся при охлаждении магмы, силой взрыва прокладывали себе путь и в результате образовались выводные каналы — *диатремы*.

Диатрема — это огромный, постепенно сужающийся книзу, вертикальный колодец, уходящий на тысячи метров в глубь Земли. Диатремы называют также кимберлитовыми или алмазоносными трубками. Кимберлитовыми трубки называются потому, что заполнены вулканической алмазоносной породой — *кимберлитом*. К диатремам города Кимберли (ЮАР) и Западной Якутии (Восточная Сибирь, СССР) приурочены месторождения алмазов. На поверхности Земли кимберлитовые трубки имеют вид замкнутых понижений, заполненных брекчиевидной породой. Они располагаются вдоль линий разломов.

Алмазы образуются на больших глубинах при высоком давлении и температуре (рис. 8).

Как же алмазы попадают в кимберлитовые трубки? Кристаллы алмаза поднимаются из глубин вместе с магмой.

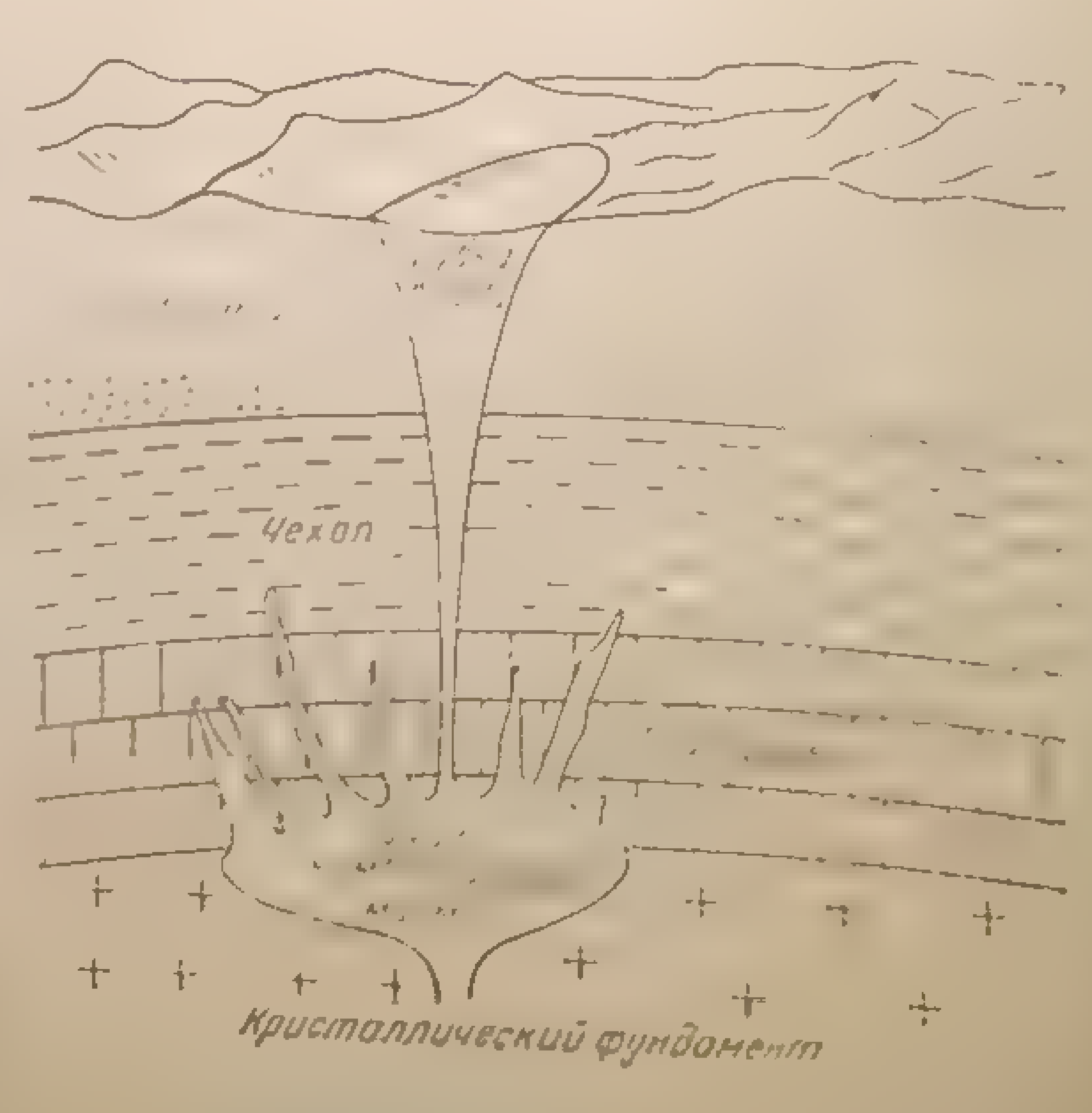


Рис. 8. Образование алмазов

ГОРЯЧИЕ ИСТОЧНИКИ И ГЕЙЗЕРЫ

В вулканических районах встречаются горячие, или термальные, источники. Воды с температурой

до 20 °С называют холодными, от 20 до 37° — теплыми, а выше — горячими или термальными (термами). Самая горячая термальная вода имеет температуру + 273,9 °С (Мексиканский [illegible]). Минеральные источники содержат растворенные в воде минеральные вещества. В горячих источниках содержатся почти все элементы менделеевской таблицы. Путем глубокого бурения можно дать выход на поверхность продукции природных подземных химических «заводов» и использовать ее в народном хозяйстве. В СССР горячие источники имеются на Камчатке, Курильских островах, на Сахалине, в Грузии и Дагестане.

Для вулканических районов, кроме горячих источников, иногда характерны гейзеры. *Гейзер* — это периодически вырывающийся из земли пароводяной столб — фонтан. Фонтанируют гейзеры через определенные промежутки времени. У каждого гейзера свой период фонтанирования. Интервалы времени, через которые фонтанируют гейзеры, колеблются от одной минуты до нескольких месяцев.

Некоторые гейзеры действуют так регулярно, что по началу их действия можно сверять время.

Самый большой и мощный гейзер на Земле — Вайамангу (Новая Зеландия) — действовал с 1899 г. Он выбрасывал каждый раз около 800 т воды. Захваченные струей воды камни взлетали на высоту почти 500 м. В 1904 г. он перестал действовать.

Механизм действия гейзера объясняется так. Перегретая вода из порового или трещиноватого пространства пород, где движение ее затруднено, резко попадает в свободный канал. Давление на воду резко падает, и она стремительно вскипает, выбрасываясь из канала.

У выхода гейзеров отлагается гейзерит (кремнистый туф), представляющий водный кремнезем — опал.

Гейзеры особенно характерны для четырех районов мира: Исландии, Северной Америки (Йеллоустонский парк), Новой Зеландии и Камчатки.

На Камчатке известностью пользуется Долина гейзеров, находящаяся на территории Кроноцкого заповедника. Здесь [illegible] гейзеры и просто горячие источники.

Вопросы и задания.

Есть ли в вашей местности полезные ископаемые вулканического происхождения? Какие? Как они используются? Опишите вулканические явления, наблюдаемые в вашей местности, и [illegible] фотомонтаж. Соберите и оформите коллекцию «Продукты вулканической деятельности».

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Тазиев Г. Кратеры в огне. Встречи с дьяволом. Вода и пламень. Этна и вулканологи. М., Мысль, 1976.

Влодавец В. И. Вулканы Земли. М., Наука, 1974.

З р я к о в с к и й М. С., М а к а р о в Н. Н. Тайна якутских алмазов. М., Географгиз, 1958.
Г и п п е н р е й т е р В. Е. К вулканам Камчатки. Книга — альбом фотографий. М., Планета, 1971.
С е м е н о в В. И. В краю вулканов и гейзеров. М., Физкультура и спорт, 1973.

МЕТАМОРФИЗМ

Метаморфизмом называется преобразование минералов и горных пород, которое происходит в глубинных зонах Земли.

Метаморфизм происходит под воздействием высокой температуры, высокого давления, во взаимодействии с газоводными флюидами и паровыми растворами.

Минеральные объекты под действием *высокой температуры* перекристаллизовываются и приобретают зернистое строение. Метаморфизующее влияние высокой температуры горные породы испытывают в двух случаях: когда магма при тектонических процессах *внедряется* в толщу земной коры и когда при погружениях земной коры осадочные породы, образовавшиеся на поверхности Земли, попадают в глубинные зоны с высокой температурой. Под действием высокой температуры осадочные породы превращаются в метаморфические. Так, например, известняк превращается в мрамор, кварцевый песок — в кварцит, каменный уголь — в графит.

Действие *высокого давления* горные породы испытывают также в двух случаях: при складчатых и разрывных движениях (ориентированное давление), при погружении осадочных толщ в глубинные зоны Земли при колебательных движениях земной коры (равностороннее, или гидростатическое, давление). Под действием высокого давления породы приобретают зернистое и сланцеватое строение. Таким путем образуются кристаллические сланцы и гнейсы.

Химически активные вещества обычно приносятся из глубин магмой. Поэтому в зоне контакта внедрившейся магмы с окружающими породами происходят метаморфические изменения.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА

Рассмотренные три фактора метаморфизма обычно проявляются одновременно, но в отдельных случаях решающим является один или два фактора. В зависимости от этого различают три типа метаморфизма: контактный, динамический и региональный.

Контактный метаморфизм происходит в контакте магмы с окружающими породами. Он подразделяется на *термальный* (влияние высокой температуры), *пневматолитический* (влияние летучих составных частей магмы) и *гидротермальный* (влияние горячих химически активных водных растворов магматического происхождения) метаморфизм.

Динамический, или *дислокационный, метаморфизм* — изменение горных пород под влиянием высокого одностороннего ориентирован-

ного давления, возникающего при складкообразовательных процессах и тектонических разрывах.

Региональный, или *динамотермальный*, *метаморфизм* охватывает большие пространства. Он проявляется в геосинклинальных областях — в наиболее подвижных частях земной коры. Метаморфизующее влияние оказывают два фактора: высокая температура и высокое равностороннее (гидростатическое) давление.

Вопросы и задание.

Какие метаморфические породы встречаются в вашей местности? Как они образовались? Соберите коллекцию метаморфических пород.

ВНЕШНИЕ, ИЛИ ЭКЗОГЕННЫЕ, ПРОЦЕССЫ

ВЫВЕТРИВАНИЕ

Магматические и метаморфические породы и слагающие их минералы образуются в одних термодинамических (высокая температура, высокое давление) и физико-химических условиях, в поверхностных же и приповерхностных частях Земли термодинамические (низкая температура, низкое давление) и физико-химические условия иные.

Горные породы глубинного происхождения, оказавшиеся на поверхности Земли, представляют в этих условиях соединения неустойчивые и поэтому постепенно разрушаются. Этот процесс получил название выветривания.

Выветриванием называются процессы разрыхления, распада и химического изменения горных пород и минералов, происходящие в поверхностной и приповерхностной частях земной коры, под влиянием колебаний температуры, газов атмосферы, живых организмов. Выветривание бывает *физическим* и *химическим*.

В поверхностных слоях земной коры все виды выветривания проявляются одновременно, но в отдельных случаях преобладающим является один из них. В зависимости от того, какой вид выветривания преобладает, образуются различные продукты выветривания.

ФИЗИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

При физическом выветривании минералы и горные породы распадаются механически, без изменения химического и минерального состава.

Механическое разрушение горных пород бывает вызвано колебаниями температуры воздуха, особенно суточной, замерзанием и оттаиванием воды в трещинах, расширением трещин в горных породах под воздействием роста корневой системы растений и разрыхляющей деятельности роющих животных.

Наиболее интенсивно физическое выветривание проявляется в пустынях, жарких сухих областях и в высокогорных районах.

В пустыне в летний период скалы сильно нагреваются днем (до 75°С), а ночью, когда происходит резкое понижение температуры воздуха, охлаждаются (почва охлаждается до −10°С). Местами амплитуда колебания температуры воздуха достигает 70—80°.

Обнаженные поверхности горных пород при нагревании расширяются, при охлаждении сжимаются. В результате даже такие прочные горные породы, как граниты, покрываются сетью трещин, что приводит к распаду породы в дальнейшем на отдельные обломки (щебень, дресва, песок, пыль).

ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

При химическом выветривании процессы разрушения горных пород протекают более сложно: меняются не только внешние особенности пород, но и химический, а следовательно, и минералогический состав. В результате минералы, подвергающиеся химическому выветриванию, превращаются в совершенно новые химические соединения. Образуются новые минералы, более стойкие.

Интенсивность химического выветривания зависит также от климатических условий. Наиболее благоприятен влажный жаркий (тропический) климат. В пустынях химическое выветривание выражено весьма слабо. Здесь на поверхности горных пород образуется тонкая пленка или корочка (от 0,5 до 5 мм) черного или темно-бурого цвета — так называемый *пустынный загар* или *защитная корка*. Эта корка состоит из солей железа и марганца, осажденных при испарении поднимающейся по капиллярам воды. В тропическом поясе глубина химического выветривания достигает 50 м, в умеренном климате максимальная глубина составляет 2—5 м. Химические изменения минералов могут происходить путем или разложения на составные части, или соединения с новыми элементами или сложными веществами, или обмена составными частями.

При изменении через потерю составных частей гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ может перейти в ангидрит $CaSO_4$, бурый железняк $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ — в красный железняк Fe_2O_3 или магнитный железняк Fe_3O_4. Этот вид преобразования минералов в природе встречается редко.

Ко второму случаю относится образование водных соединений за счет безводных. Так, например, ангидрит $CaSO_4$, присоединяя воду, переходит в гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, красный железняк Fe_2O_3 и магнитный железняк Fe_3O_4 превращаются в бурый железняк $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, кремнезем SiO_2 — в опал $SiO_2 \cdot nH_2O$.

Наиболее распространенным в естественных условиях является изменение минералов вследствие обмена составными частями. При этих процессах известняк $CaCO_3$ может при действии на него воды, содержащей в растворе карбонат магния, перейти в доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Процессы выветривания создают основу для почвообразования.

ОБРАЗОВАНИЕ РОССЫПЕЙ

Магматические, метаморфические и осадочные породы, не затронутые или слабо затронутые процессами выветривания и не перемещенные процессами денудации, называются *коренными породами*. В отличие от них породы, затронутые процессами выветривания и денудации, называются *рыхлыми образованиями*. Рыхлая толща в виде плаща, не всегда сплошного, прикрывает нижележащие коренные породы.

Обломочный материал, возникающий в результате разрушения горных пород, или остается на месте, или переносится какими-либо внешними геологическими агентами. Продукты выветривания коренных пород, остающиеся на месте их образования, называются *элювием*. Элювий накапливается на горизонтальных или близких к ним поверхностях. Элювий образует кору выветривания, к которой приурочены месторождения полезных ископаемых: боксита, каолина, бурого железняка, благородных металлов и драгоценных камней.

Россыпи представляют вторичные месторождения, образовавшиеся в результате разрушения коренных первичных месторождений процессами выветривания, геологической работой рек, морей и других внешних геологических сил. Особенно большое значение в процессе образования россыпей имеет разрушительная работа рек, морей и озер. Россыпи большей частью приурочены к речным долинам и побережьям морей и озер. В россыпи попадают и сохраняются в них минералы, имеющие большую плотность (тяжелые) и химически устойчивые.

По условиям образования россыпи подразделяются на *элювиальные* - образовавшиеся на месте разрушения и залегающие на коренном месторождении, *эоловые* — перенесенные ветром и отложенные на новом месте, *делювиальные* — залегающие на склонах гор, *пролювиальные* — перенесенные и отложенные временными горными потоками, *аллювиальные* — речные, а также морские, озерные, ледниковые.

В россыпях встречаются золото, платина, алмаз, рубин, сапфир, топаз, изумруд, вольфрамит, касситерит и другие минералы. В зависимости от того, какие элементы содержат россыпи, они называются золотоносными, платиноносными, алмазоносными и т. д. Россыпи имеют большое народнохозяйственное значение. В настоящее время в мире в основном из россыпей добывают золото, алмазы, платину, оловянный камень и другие минералы.

Обломочный материал, образовавшийся на крутых склонах гор, под воздействием силы тяжести скатывается вниз и образует у основания и в нижней части склонов скопления обломков горных пород — так называемые *осыпи*. Осыпи состоят из несортированных угловатых обломков горных пород различного размера. Мощность осыпей бывает различная (иногда достигает 30—40 м).

Задания.

1. Опишите процессы выветривания, наблюдаемые в вашей местности. Приведите примеры выветривания, основанные на ваших личных наблюдениях. Какие при этом образуются продукты? 2. Соберите местные породы различной степени распада и оформите коллекцию на тему «Выветривание». 3. Во время экскурсии сопоставьте характер сортировки обломочного материала, сделайте выводы.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Чуйко А. В., Чуйко Е. С. Как живут камни. М., Детская литература, 1964.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ВЕТРА

Геологическая работа ветра наблюдается на поверхности Земли повсеместно, но наиболее интенсивно она проявляется в пустынях. Этому способствует ряд благоприятных условий: жаркий сухой климат, приводящий к образованию и скоплению больших масс обломочного материала (результат интенсивного физического выветривания), слабое развитие растительности и относительно небольшое количество атмосферных осадков. Ветер в пустынях — главный агент удаления продуктов механического разрушения. Формы рельефа, возникающие в результате разрушительной и аккумулирующей деятельности ветра, называются эоловыми. Эоловые формы рельефа разделяются на скульптурные, к которым относятся эоловые столы, грибы, котловины, ниши выдувания, ячеистые и сотовые поверхности, и на аккумулятивные (наносные): дюны и барханы.

Геологическая работа ветра сводится к разрушению горных пород, переносу обломочного материала и отложению перенесенного материала.

РАЗРУШИТЕЛЬНАЯ РАБОТА ВЕТРА

Ветер подхватывает песчинки, ударяет ими о скалы, камни и обтачивает их, истирает, шлифует, царапает. Механическое воздействие ветра на горные породы силой перемещения воздушных масс и переносимыми песчинками называется *корразией* или *обтачиванием*.

Ветер также развевает, выдувает мельчайший обломочный материал — продукты физического выветривания, перемещает их с места на место. Этот процесс известен под названием *дефляции*. Дефляция наблюдается не только на поверхности Земли — ветер выдувает обломочный материал и из расщелин и углублений скал. Все это способствует дальнейшему выветриванию горных пород, которые обнажаются и становятся жертвой разрушительного действия колебаний температуры воздуха и других факторов, приводящих их к

разрушению. В результате на горных породах появляются борозды, углубления, сквозные отверстия. Ветер шлифует разбросанные в пустыне каменные глыбы, придавая им форму пирамидальных треугольников с плоским основанием. По этим пирамидальным треугольникам можно установить районы распространения древних ископаемых пустынь. Отшлифованные треугольники лежат обычно острым концом к главному направлению ветра.

Наибольшая разрушительная работа ветра в вертикальном направлении ограничивается высотой (2—3 м), что определяется высотой подъема ветром песчинок. Нижние части горных пород разрушаются более интенсивно, и это определяет своеобразность форм рельефа в пустынях: ветер создает оригинальные грибообразные и других форм скалы.

ПЕРЕНОС И ОТЛОЖЕНИЕ ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Ветер в пустынях переносит огромное массы тонко измельченного материала. Характер переноса материала зависит от размера частиц. Мельчайшие частицы (пыль) в течение продолжительного времени находятся во взвешенном состоянии в атмосфере и переносятся воздушными потоками на очень большие расстояния. В огромных количествах тонкий материал выносится из пустынь и отлагается в соседних районах, образуя толщи лёсса. Более крупные частицы (песок) не могут находиться во взвешенном состоянии, они переносятся путем перекатывания или путем отдельных «прыжков». В процессе переноса ветром этих более крупных частиц возникают своеобразные формы рельефа, к которым относятся дюны и барханы.

Дюны характерны для морских побережий, берегов крупных водохранилищ, больших озер и рек. Прибрежные пески подхватываются ветром и переносятся в глубь континента, возникают возвышенности, состоящие из сыпучего песка, — дюны. Наветренная сторона у дюн пологая, подветренная — крутая. Такую форму дюны приобретают благодаря постоянству направления бризов — дующих на побережье ветров. Самые высокие дюны Европы находятся у города Аркашона (Атлантическое побережье Франции). Высота дюн достигает 70—90 м. У нас самая крупная дюна находится в Латвии. Ее высота достигает 70 м. Распространение дюн не ограничивается климатическими особенностями отдельных районов — дюны встречаются в различных климатических условиях.

Барханы приурочены исключительно к районам с жарким сухим климатом, т. е. к пустыням, и являются образованиями внутриконтинентальными. Барханы отличаются от дюн также своей формой — они имеют полулунную форму. Рога бархана (заостренные концы) ориентированы в направлении господствующих ветров. Такую форму барханы приобретают благодаря непостоянству направления ветра в пустынях. Барханы занимают большие площади. Если наблюдать районы распространения барханов сверху, они напоминают застывшее бушующее море. Барханы, так же

как и дюны, состоят из песка, но, в отличие от дюн, песок барханов загрязнен пылеватыми частицами. Самый высокий бархан мира — Сары-Кум, находящийся вблизи Махачкалы (Дагестан), высота его 213 м. Обычная высота барханов от 2 до 10 м.

В пустынях среди песчаных холмов — барханов — встречаются такыры — пониженные, плоские, голые, словно заасфальтированные площадки («шоссе пустынь»), покрытые плотной глиной, растрескивающиеся в сухое время на многоугольники. Размеры такыров колеблются от нескольких квадратных метров до нескольких квадратных километров. Иногда встречаются огромные такыры — в сотню квадратных километров. Окруженные со всех сторон барханами, они представляют собой углубления, где накапливается дождевая вода (благодаря водоудерживающей способности глины).

МЕРЫ БОРЬБЫ С ДЮНАМИ И БАРХАНАМИ

Дюны и барханы обычно не остаются на месте образования — они совершают поступательное движение. Песчинки с наветренной стороны сдуваются ветром и откладываются на подветренной стороне. Обнажившиеся песчинки также смещаются, и дюны медленно двигаются. Они перемещаются в направлении господствующих ветров. Скорость передвижения — от десятков сантиметров до сотен метров и нескольких километров в год.

Дюнно-барханные пески, перемещаясь, могут заносить селения, города, сады, огороды, железнодорожное полотно, ирригационные системы, каналы и т. д. и тем самым приносят большой ущерб. С другой стороны, ветер, выдувая песок, обнажает трубы газопроводов и нефтепроводов. Много неприятностей доставляют сыпучие пески автомобильным дорогам, железнодорожным магистралям.

Подвижные пески мешают строительству населенных пунктов, промыслов и тем самым приносят большой вред человеку в его хозяйственной и культурной деятельности. Поэтому человек ведет борьбу с перемещением дюн и барханов.

Научно обоснованная система борьбы с дюнами и барханами началась лишь в годы Советской власти. Борьба эта сводится к закреплению сыпучих песков.

В районах распространения дюн угрожающие участки покрывают морскими водорослями, сосновым лапником, располагая их по направлению движения ветров и перпендикулярно к ним рядами с промежутками в 2—4 м.

Хорошо закрепляют подвижные пески растения: лишайники, мхи, травы и искусственные древесные насаждения. Мертвый закрепляющий материал и живые насаждения используются одновременно. Мертвый материал создает условия, необходимые для развития живых насаждений. Из растений используют песчаный овес, береговую пшеницу и дикую рожь.

Дюны закрепляют горной сосной, стелющиеся по земле кусты

которой покрывают поверхность ветвями и сучьями. Для этой цели также пригодна черная сосна, но она менее приспособлена. Еще менее пригодна обыкновенная сосна. Черная ольха используется для насаждений в сырых местах (впадинах).

В пустынях хорошие результаты дают посадки саксаула, кандыма, черкеза и селина, которые переносят безводье и надежно закрепляют пески.

В последнее время в Советском Союзе был разработан новый более эффективный и дешевый метод борьбы с подвижными песками. Специальным распылителем на поверхность песков наносят [illegible] — нэрозин — продукт переработки горючих сланцев. После испарения на поверхности песков остается тонкая пористая пленка. Битум скрепляет, цементирует поверхность песков, и ветер бессилен сорвать песчинки одну от другой.

Битумной эмульсией обрабатывают барханы вдоль автомобильных трасс. Нэрозином опыляют песок после засыпки траншеи.

Для того чтобы предотвратить выдувание песка из-под уложенных газопроводных труб, углубляют трассу до уровня ложбин, а не засыпают ложбины между барханами. В искусственно созданные в песках щели, расположенные квадратами, заливают глинистый раствор. Образуется подобие вертикальной стенки. В этом случае выдувание песка прекращается, бархан не образуется, потому что песку не за что зацепиться. Для защиты дороги в пустыне песок по обочине обрабатывают нефтью, мазутом или синтетическим раствором. Образуется искусственный такыр. Песчинки, попадая на него, набирают скорость и перелетают через дорогу.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА АТМОСФЕРНЫХ ВОД

Атмосферные осадки распределяются в природе следующим образом: часть вод испаряется, поступает в атмосферу и вновь участвует в круговороте воды; другая часть просачивается в почву, в грунт и принимает участие в образовании подземных вод, и, наконец, третья часть стекает по земной поверхности, образуя различных размеров водные потоки.

Вода — главный «архитектор» земного шара. Стекая [illegible] земной поверхности вода производит определенную геологическую работу, которая в конечном счете сводится к размыву, сносу [illegible]чаемых ею на пути горных пород, переносу обломочного материала и отложению его. Дождевые потоки и талые воды, как правило, [illegible] обладают большой разрушительной силой, они в основном сносят обломочный материал. Поверхностные воды производят в [illegible]тельную работу — они переносят тонкий обломочный [illegible] отлагают его на пологих склонах возвышенностей. От[illegible] мелких частиц — продуктов выветривания горных пород, [illegible] дождевыми и талыми водами, называются *делювием*. Геологическая работа поверхностных вод также приводит к сглаживанию (пла[illegible]рованию) неровностей поверхности, уменьшению крутизны склонов

ОВРАГИ

Наиболее ярко выраженной формой разрушительной работы поверхностных вод является оврагообразование. Овраг обычно начинается с небольшой рытвины в земле и разрастается в широкие и глубокие понижения земной поверхности. Овражки и рытвины, постепенно разветвляясь, образуют сложную овражную сеть.

Самая незначительная причина может вызвать образование оврага. Водный поток размывает рыхлые породы, образуется небольшой овражек, который затем разрастается в глубину, длину и ширину. Овраг ветвится и захватывает все новые и новые площади пахотных земель, лугов. Овраг уродливыми шрамами и рубцами разрезает землю. Длина оврагов может составлять несколько километров, ширина — десятки метров, глубина достигает 200 м.

Особенно интенсивна оврагообразующая деятельность воды весной.

Наибольшее разрушение потоки воды производят у вершин оврагов. Дно оврагов обычно сухое. Только весной, осенью и летом во время сильных дождей по нему несутся полноводные потоки. Предпосылками для оврагообразования являются рыхлость горных пород, большое количество и преимущественно ливневый характер атмосферных осадков, односторонний уклон местности.

ВРЕД, ПРИНОСИМЫЙ ОВРАГАМИ

Временные потоки, стекая по оврагам, размывают почвогрунт, выносят огромные массы песка, ила и засыпают поля и луга. Появление оврага создает неудобные, бросовые земли, разрушает дороги, ускоряет сток воды в реках, что сопровождается паводками и приводит к разрушению мостов, плотин. Овраги, врезаясь в почву, могут достичь грунтовых вод, вскрыть и понизить их уровень или даже иссушить. Понижение, иссушение подземных вод ведет к засухам, затрудняет земледелие. Оврагообразование может привести к спуску воды из озер. Овраги, впадающие в озера, постепенно заполняют их обломочным материалом, озера мелеют, а в дальнейшем полностью исчезают. Овраги обнажают бетонные башмаки опор, на которых покоятся трубы нефте-, газо-, водопроводных трасс. Миллионами змеек протягиваются овраги в средней и южной частях территории СССР. Овраги, как незаживающие раны, рассекают поля. Только в европейской части СССР не менее 5 млн. га занято оврагами.

БОРЬБА С ОВРАГАМИ

Широкое развитие овраги получили в царской России из-за дробного деления крестьянских наделов, большого количества межей. Теперь в СССР ведется организованная и серьезная борьба с оврагами в государственных масштабах, с привлечением многочисленных общественных организаций и даже школ.

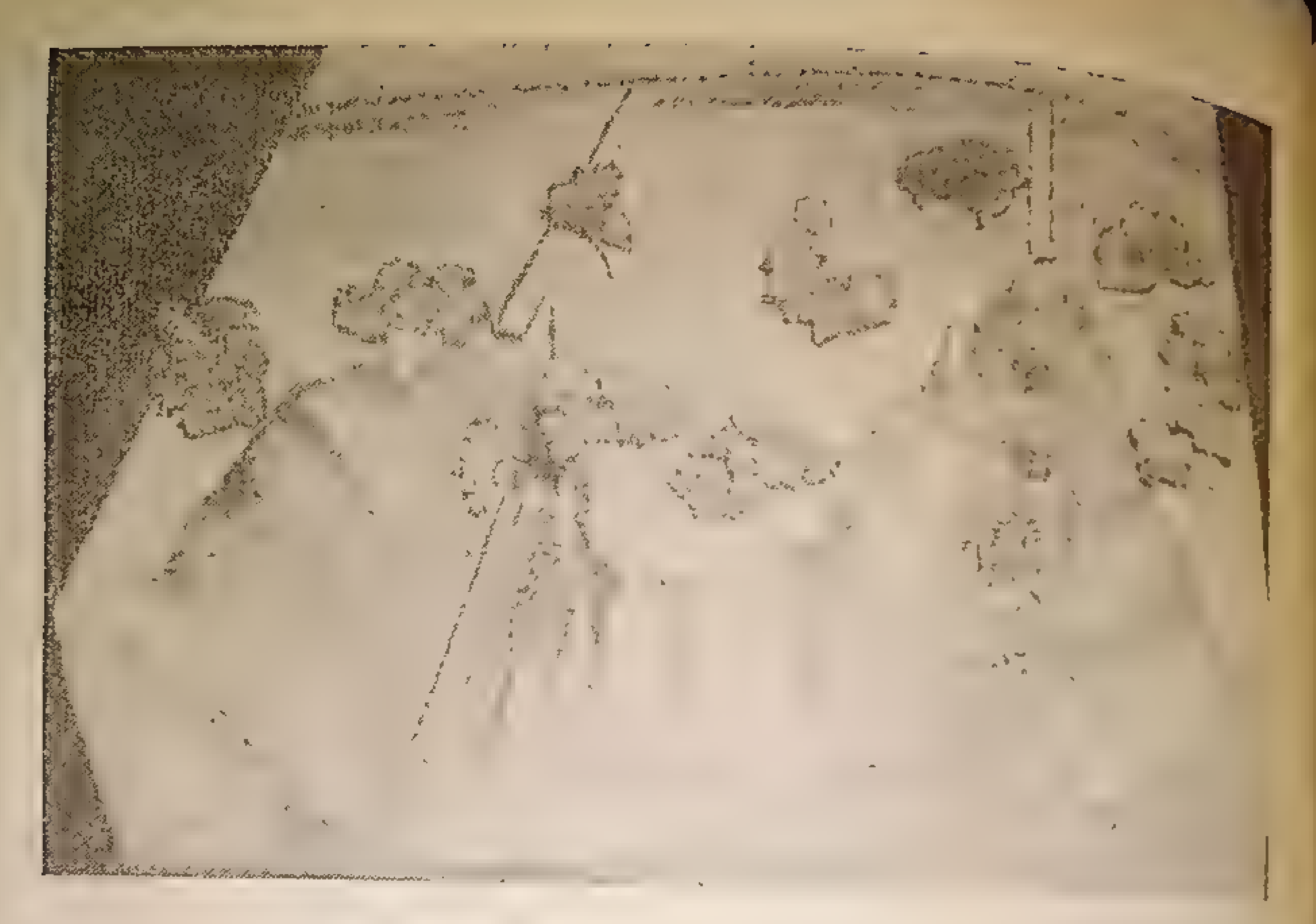


Рис. 9. Как бороться с оврагами (макет)

Чтобы остановить эрозию почвы, ее необходимо вспахивать, культивировать и бороновать поперек склонов. После зяблевой вспашки и перед севом до боронования нужно плугами образовывать поперек склона валы, которые бы уменьшали разрушительную силу водного потока. Промоины и рытвины заравнивают бульдозерами, особенно тщательно обрабатывают вершины оврагов и водоподводящих ложбин.

В местах образования рытвин, малых овражков, лощин сооружают плетневые запруды (рис. 9). Основание плетня углубляют на 15—20 см, на дно укладывают мелкий хворост и засыпают землей. Чем круче склон, тем больше должно быть плетней. Верхняя часть каждого следующего плетня должна быть не ниже основания предыдущего.

Для прекращения роста оврагов используют задернение многолетними травами, по дну и бокам оврага высаживают кустарники и деревья.

Для эффективной борьбы с эрозией почв и привлечения в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных земель проводят террасирование горных склонов. На террасированных склонах выращивают сады. С помощью деревянных или бетонных лотков отводят воду от вершинной части оврага, ослабляют силу водного потока, применяя водогасящее устройство. Поперек оврага сооружают каменные и бетонные запруды. Овраг часто перегораживают плотиной и превращают в пруд. При этом на месте оврагов возникает каскад водоемов, в которых с успехом можно разводить водоплавающую птицу и рыбу.

Разработан способ борьбы с оврагами с помощью взрывов направленного действия. Предварительно с территории, прилегающей к оврагу, снимают плодородный слой. Затем овраг окружают двумя рядами скважин, куда помещают заряды. Взрывы засыпают овраг, выравнивают откосы. На место возвращают плодородный слой почвы. Таким способом ликвидируют овраги, глубина которых превышает 10 м, а крутизна склонов — 75°. Взрывая кромки оврагов, грунт сверху перекидывают вниз и обрывистые склоны становятся пологими. Затем сеют травы. У молодых, неглубоких оврагов взрывают дно. Образовавшиеся в результате взрыва воронки заваливают выброшенной взрывом рыхлой землей. В ливень вода, стекающая вниз, впитывается разрыхленной взрывом почвой. Овраг постепенно начинает зарастать.

Задание.

Школьники нашей страны ведут борьбу с эрозией почв под девизом «Овраг — наш враг». Включайтесь и вы в это движение. С помощью фотографий и рисунков оформите монтаж «Овраги и борьба с ними».

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Кальянов К. С. Изучение эрозии почв в школе. М., Просвещение, 1973.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА РЕК

В условиях влажного климата реки имеют большое развитие. Наличие рек — один из решающих факторов в преобразовании форм земной поверхности. В результате геологической деятельности рек образуются эрозионные формы рельефа и накапливаются речные отложения. Геологическая работа рек сводится к подмыву русла, по которому течет речной поток, к переносу продуктов разрушения и к отложению перенесенного материала.

РАЗРУШИТЕЛЬНАЯ РАБОТА РЕК

Разрушение текущей водой горных пород и почв называется *эрозией*. Река может разрушать дно (донная эрозия) и берега (боковая эрозия). *Донная* эрозия углубляет речное дно, и в результате река врезается глубже в долину. При *боковой эрозии* происходит размывание берегов, приводящее к расширению долины.

Самая низкая часть долины реки, расположенная в ее устье, называется основанием или *базисом эрозии*. Практически базис эрозии совпадает с уровнем того водоема, в который впадает река.

Разрушительная работа рек начинается от базиса эрозии и постепенно распространяется по направлению к верховью. В верхнем течении реки преобладает вынос обломочного материала, в средней части — перенос, в нижней — намыв.

Конечным результатом эрозионной деятельности рек является выработка так называемой *предельной кривой* или *профиля равновесия*, когда все неровности (выступы, впадины) сглаживаются.

ПЕРЕНОС И ОТЛОЖЕНИЕ

Речные потоки переносят обломки горных пород и окатывают их. Обломки теряют остроугольность и приобретают более или менее округлую форму. Такие обломки в зависимости от размера получают названия: валун, галечник, гравий, песок.

В процессе переноса обломки сортируются по размеру и весу. Более крупные и тяжелые обломки переносятся на относительно небольшое расстояние, более мелкий материал переносится на большее расстояние, и, наконец, тонкий материал переносится на значительное расстояние. Горные, быстротекущие реки выносят к устью, песчанистые и глинистые частицы, поэтому в долине откладывается крупный обломочный материал — валуны, галечник. Обломочный материал, переносимый речным потоком и отложенный, получил название *аллювия*.

Аллювий равнинных рек подразделяется на *русловой*, сложенный галечником и песком с косой слоистостью, *пойменный* — супеси и суглинки, накапливающиеся во время половодья на поверхности поймы, и *старичный* — темные суглинки и супеси, иногда мелкозернистые пески, богатые органическими веществами, отлагающиеся в старицах.

Обломочный материал в основном отлагается в устье реки и образует *дельту*, получившую свое название от греческой буквы Δ. Вершиной дельта обращена к реке, основанием — к морю. Дельтовые отложения иногда занимают большие площади и достигают значительной мощности. Большую дельту образует река Волга, Ленинград в основном построен на дельтовых отложениях реки Невы.

Не все реки образуют дельту. Дельты появляются в том случае, если море на месте впадения в него реки имеет относительно небольшую глубину, а также при отсутствии сильного течения, которое может унести обломки, принесенные рекой. Если этих условий нет, устье рек представляет собой воронкообразное углубление, расширяющееся в сторону моря. Такие устья называют *эстуариями*. У нас на севере эстуарии называют *губами* (Обская губа), на юге — *лиманами* (Днепровский лиман). Эстуарии имеют реки Обь, Енисей, Темза, Сена и некоторые другие.

Задания.

1. Оформите стенд на тему «Геологическая работа реки». 2. Сравните величину и форму галек одной и той же породы в различных местах течения реки. Сделайте выводы. 3. Выясните происхождение гальки (речное, ледниковое). Если галька речного происхождения, состав ее будет соответствовать составу близлежащих горных

пород; если ледникового — они будут отличаться от местных пород.

4. Изучая (определяя) гальку во время экскурсии, найдите место ее происхождения. В русле реки галька определенной породы встречается только до верхней границы ее распространения. Пользуясь этим методом, определите распространение главных пород в изучаемом районе (если они прикрыты почвой и растительностью).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды по происхождению подразделяются на три типа: *ювенильные*, *инфильтрационные*, *седиментационные*. Ювенильные и седиментационные поднимаются к поверхности Земли, инфильтрационные преимущественно опускаются от поверхности вглубь. Инфильтрационные подземные воды образуются путем просачивания поверхностных вод в почву, в грунт. Ювенильные подземные воды тесно связаны с магматическими очагами и ими питаются. Возникают они из кислорода и водорода, выделившихся из магмы. Седиментационные подземные воды образуются на больших глубинах путем отжатия из илово-глинистых осадков морских вод, оставшихся с момента накопления осадков на дне моря.

ВОДОПРОНИЦАЕМЫЕ И ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ПОРОДЫ

По степени фильтрации воды горные породы подразделяются на *водопроницаемые* и водонепроницаемые, или *водоупорные*. Водопроницаемые породы через трещины, поры и другие пустоты пропускают воду; водоупорные породы практически через себя воду не пропускают. К водопроницаемым относятся галечник, гравий, щебень, дресва, песок, трещиноватые магматические, метаморфические и осадочные породы. Водоупорные породы — глина, гранит и другие магматические породы, кристаллические сланцы, кварциты, мраморы, плотные известняки, мерзлые породы. Пласт или часть пласта, насыщенные водой, образуют *водоносный горизонт*.

Подземные воды движутся с гораздо меньшей скоростью, чем поверхностные. Это объясняется сопротивлением горных пород, через которые просачиваются подземные воды. Скорость движения подземных вод определяется величиной пор и трещин в породе (чем крупнее поры и трещины, тем больше скорость продвижения воды), гидравлическим уклоном подземного стока, температурой воды, от которой зависит ее вязкость (чем больше вязкость, тем медленнее сток). Скорость движения подземных вод очень мала — в десятки тысяч раз меньше скорости течения равнинных рек — от 0,05 до 1,5 м/сут.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды бывают *напорные* (артезианские, субартезианские) и *ненапорные* (грунтовые).

Грунтовые воды залегают между земной поверхностью и первым

водоупорным пластом. Это ближайший к земной поверхности водоносный горизонт, не прикрытый сплошной кровлей из водонепроницаемых пород. Область питания грунтовых вод обычно находится в том же районе, где они распространены.

Напорные подземные воды располагаются ниже грунтовых вод, образуя несколько этажей потоков. В этом случае несколько водопроницаемых и водоупорных слоев перемежаются между собой.

Напорные воды делятся на фонтанирующие, или артезианские, и нефонтанирующие, или субартезианские. Артезианские воды приурочены к синклиналям, пологим впадинам и сбросам (если при этом водоносный пласт срезается и упирается в водоупорный). Область питания артезианских вод может находиться на расстоянии десятков и сотен километров от места выхода.

ИСТОЧНИКИ

Естественный выход подземных вод на дневную поверхность называется *источником*, *родником* или *ключом*. Для обнажения подземных вод искусственным путем роют колодцы.

Источники делят на *нисходящие* и *восходящие*. Нисходящие источники питаются из водоносного пласта, в котором уровень воды лежит выше места выхода источника на поверхность. Они выходят на земную поверхность под влиянием силы тяжести.

Восходящие источники образуются напорными подземными водами, выходящими на поверхность Земли. Они действуют по закону сообщающихся сосудов.

Те и другие подразделяются на *пластовые*, когда подземные воды залегают в толще рыхлых пород, и на *трещинные*, когда подземные воды приурочены к трещинам магматических, метаморфических и плотных осадочных пород.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Наиболее типичная черта геологической работы подземных вод — химическое разрушение горных пород. Подземные воды производят и механическое разрушение, но гораздо в меньших масштабах, чем поверхностные воды.

Активизации химической деятельности подземных вод способствует теснейшее общение их с горными породами, насыщенность подземных вод углекислотой и другими кислотами, значительное давление и более высокая температура в глубинных зонах Земли.

Геологическая деятельность подземных вод сводится к растворению минеральных соединений и цементации рыхлых толщ — продуктов выветривания. Подземные воды не только выщелачивают (растворяют) породы, но и выделяют растворенные вещества, цементируя рыхлые толщи и отлагая осадки у выходов источников.

КАРСТ

Карст наблюдается в районах распространения легкорастворимых в воде горных пород.

Здесь легкорастворимые породы или слагают земную поверхность, или залегают близко к ней. Подземные и поверхностные воды постепенно растворяют их. В результате образуются пустоты, пещеры, тоннели, провалы, воронки, просадки, колодцы, углубления, бороздки различных размеров.

Различают голый и покрытый карст. Голый карст наблюдается там, где поверхность земли слагают легкорастворимые в воде горные породы, а покрытый карст, где эти породы прикрыты рыхлой толщей осадочных пород и залегают на некоторой глубине. Покрытый карст развит в среднеевропейской полосе нашей страны. На коре выветривания развиты почвенный и растительный покровы.

В случае голого карста поверхностные воды на известняковых и тому подобных легкорастворимых в воде породах, образующих ровную поверхность, создают углубления, на наклонных поверхностях — канавки, бороздки глубиной от нескольких сантиметров до одного и даже двух метров. Эти образования называются *каррами*. Нередко карры занимают большие площади, образуя *карровые поля*. Карровые поля в СССР встречаются в Крыму, на Кавказе и в Средней Азии. Поверхность голого карста изборождена глубокими рытвинами в результате растворения пород поверхностными водами. Наиболее активно они растворяются вдоль трещин. Ходить по такой сильно расчлененной поверхности почти невозможно. Карстующий массив можно сравнить с огромным куском сыра, испещренного пустотами. Отдельные пустоты — пещеры — достигают гигантских размеров.

Самая большая в мире по объему пещера находится в Болгарии — Родопская — 237,6 млн. м³. Самая большая в мире по площади пещера находится в Австрии, недалеко от города Зальцбурга. Ее площадь — 25 тыс. м². Самая длинная в мире пещера — Мэймос Кэйв (штат Кентукки, США) — 252 км. Длина Мамонтовой пещеры в Северной Америке вместе с ответвлениями достигает 250 км. Длина Оптимистической пещеры (Подолия) — 109,33 км. Она занимает соответственно третье место в мире среди горизонтальных пещер. Самая большая карстовая пропасть из известных, имеющая диаметр 390 м, находится на юго-востоке Венесуэлы, в 30 км от границы с Бразилией. Самая глубокая — 410 м — в Мексике. На карстовом плато Кырктау под Самаркандом (Узбекистан) в пещере Киевской установлено всесоюзное достижение по глубинному спуску в природные шахты — 1080 м (1976). Это — четвертая по величине естественная шахта мира. Первое место занимает французская пропасть Пьер-Сен-Мартен — 1332 м (Французские Пиренеи). Крупнейший в мире зал находится в Карлсбадской пещере (США). Его длина 1220 м, ширина 190 м, высота 91,5 м и объем около 20 млн. м³.

Кровли пустот, пещер могут под тяжестью верхних слоев провалиться. В результате обвалов образуются воронки и естественные колодцы. *Карстовые воронки* представляют замкнутые впадины конической, чашеобразной или неправильной формы.

Вертикальные ходы — *поноры* — играют роль водопоглощающих отверстий. Они со временем превращаются в замкнутые понижения, или карстовые воронки. В результате слияния нескольких воронок образуются карстовые котловины.

Для карстовых районов характерно исчезновение рек, озер, когда поверхностные воды через карстовую воронку или через колодец уходят в глубь Земли.

В карстовых районах наблюдаются особые источники с мощным и постоянным расходом (дебитом) воды. Они получили название *воклюзских*. Расход воды в них достигает 15—16 тыс. м^3 воды в час. Они представляют не что иное, как выход на дневную поверхность подземных рек. Эти воды часто затопляют шахты. Тогда подземные реки пускают по железобетонным каналам и они текут, минуя карстующие породы.

Вода в пещерах испаряется, растворенные в ней вещества выделяются в твердом виде, образуя натечные минеральные образования причудливых форм (в виде сосулек, столбов и т. п.), свисающие с потолка (*сталактиты*) и тянущиеся вверх со дна пещеры в виде свечей, столбов и других форм (*сталагмиты*). Высота сталагмитов в некоторых случаях достигает 15 м, а окружность — до 40 м. Сталактиты и сталагмиты, срастаясь, образуют причудливой формы колонны. Они создают своеобразные подземные «замки» и многочисленные лабиринты. Скорость роста сталактитов — один миллиметр за 10—15 лет. Поэтому для образования колонны нескольких метров в обхвате понадобилось не одно тысячелетие.

Для карстовых районов характерны незначительные блюдцеобразные *суффозионные понижения*. Образуются они в результате механического вымывания подземными водами тонких частиц (*механическая суффозия*) или выноса веществ в растворенном виде (*химическая суффозия*). В результате такого выноса в толще пород образуются небольшие пустоты. Кровля над ними постепенно оседает, что приводит к образованию на земной поверхности замкнутых суффозионных понижений. Суффозионные понижения могут быть заполнены водой, и в этом случае они представляют суффозионные озера. Механическая суффозия развита в районах распространения лёссов и лёссовидных суглинков; химическая суффозия в районах распространения легкорастворимых в воде горных пород.

Благодаря постоянству микроклимата, температуры и давления, стерильности воздуха, насыщенного ионами, и другим специфическим особенностям, присущим пещерам, они используются в лечебных целях.

ОПОЛЗНИ

Оползнями называют скользящие смещения масс горных пород под влиянием силы тяжести. Наблюдаются они по берегам рек, морей, озер, на склонах гор и оврагов. Смещение происходит медленно и без опрокидывания массы горных пород, они как бы скользят. Этим оползни отличаются от обвалов.

Оползни приводят к смещению участков дорог, перекрывают их сползшими массами, разрушают устои мостов, домов, искривляют газо-, нефте-, водопроводы. Оползни в СССР особенно характерны для крутых берегов Волги, Днепра, Оки, Дона и других рек. Оползанию подвержены черноморские берега в Одессе, Ялте, Ливадии.

Основные причины, вызывающие оползни, — это сочетание деятельности подземных вод и горных пород, образующих при смачивании водой скользящую поверхность (глина). Нарушение равновесного состояния земляных масс происходит вследствие увеличения нагрузки на грунт (возведение сооружений, насыпей и т. д.), подрезывания склона косогора, а также насыщения грунта водой в результате обильного выпадения осадков, интенсивного таяния снегов или искусственного обводнения. Оползни также могут быть вызваны размывом берега водой.

МЕРЫ БОРЬБЫ С ОПОЛЗНЯМИ

Основными мерами борьбы с оползнями являются перехват и отведение подземных и поверхностных вод от участков, страдающих от оползней, выполаживание подножия склонов. С целью удаления лишней подземной воды устраивают в толще горных пород дренажные каменные и железобетонные галереи, иногда расположенные в несколько ярусов, которые собирают подземные воды и отводят их в неопасные в оползневом отношении участки. Такие сооружения защищают от оползней Киев и Одессу. Чтобы оградить берег Черного моря от разрушения морскими волнами, сооружают волнорезы из огромных бетонных глыб, вдоль оползневых участков сооружают подпорные стены, оползающие склоны закрепляют сваями и посадкой древесной растительности. Кроме того, применяют пневматическое цементирование оползающих грунтов — закачивают в грунт скрепляющие растворы. При этом водоносный песок частично цементируется и образует водонепроницаемый слой.

Вопросы и задания

1. Могут ли образоваться артезианские воды в случае синклинального залегания водопроницаемых пород на водоупорном слое? 2. Наблюдаются ли оползни и карстовые явления в вашей местности? Чем они вызваны? Какой вред они приносят? Оформите стенды «Карст» и «Оползни». 3. Установите связь между трещиноватостью и напластованием пород и выходами подземных вод (родники,

ключи). 4. Под руководством учителя изучите близлежащие пещеры. Соберите и оформите коллекцию минералов и горных пород, встреченных в пещере. Пещеры надо беречь и сохранять в первозданном виде, чтобы можно было наслаждаться их красотой.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Кастере Н. Моя жизнь под землей. М., Мысль, 1974.

Холидей У. Приключения под землей. М., Географгиз, 1963.

Чикишев А. Г. Пещеры на территории СССР. М., Недра, 1973.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ЛЕДНИКОВ

В полярных и высокогорных областях основным преобразователем земной поверхности является лед. Ледники в этих областях создают своеобразные, неповторимые формы рельефа.

Ледником называется масса движущегося по земле льда. Ледники образуются выше снеговой линии, но они могут опуститься ниже нее.

Ледник образуется путем уплотнения снега. Снег, уплотненный под действием собственной тяжести, называется фирном. Этот лед насыщен воздушными пузырьками. Продолжающееся уплотнение льда приводит к выводу из льда воздушных пузырьков и образованию плотного *глетчерного льда.*

Ледник медленно течет вследствие пластичности льда, под влиянием силы тяжести. Течение льда в несколько тысяч раз медленнее течения воды. Скорость движения ледников зависит от температуры, массы льда, наклона дна ледникового ложа и колеблется от 25 мм до 1,25 м в час; в некоторых случаях достигает 100 м в сутки. Годовая скорость составляет 10—1500 м. По характеру течения лед напоминает воду. Течение зависит от наклона ложа, его скорость достигает максимума в местах наибольшей толщины льда и в местах сужения русла, в средней части ледника скорость движения больше, чем по краям.

Для определения скорости передвижения льда на нем укрепляют вехи и следят за их смещением при помощи геодезических приборов, размещенных на неподвижных скалах, или укрепляют на вехе зеркало, за перемещением которого следят по отраженному лучу лазера.

При движении в леднике появляются трещины. Различают продольные, поперечные и краевые трещины. Продольные образуются благодаря продольным неровностям ледникового ложа и при выходе ледника из суженной части ложа в расширенную; поперечные — при растяжении льда на перегибах ледникового ложа и краевые — при большей скорости движения льда в середине ледника, чем по краям вследствие растяжения льда. Эти трещины раскалывают лед на отдельные глыбы — *сераки.*

Ледниковые трещины могут иметь ширину в несколько метров. Глубина ледниковых трещин в некоторых случаях достигает 250 м.

Поверхность ледника в фирновой области вогнутая или ровная; ледниковый язык имеет выпуклую поверхность вследствие более интенсивного таяния льда по краям. Температура ледника неодинакова на поверхности и на глубине.

В теле льда имеются углубления — ледниковые *стаканы* и *котлы*. Эти углубления в основном образуются за счет растворяющей деятельности талых вод. Талые воды ледников образуют подледный поток — подледниковые реки.

Ледниковые стаканы — это вертикальные углубления на поверхности ледника, образовавшиеся из-за более быстрого таяния льда под камнями (большей частью темного цвета) и постепенного погружения их в лед. Глубина ледниковых стаканов обычно не превышает нескольких сантиметров. Частично они заполнены водой.

Ледниковые котлы — вертикальные углубления в ложе ледника, высверленные при вращении валунов водными потоками, стекающими в трещины ледника.

На поверхности ледника образуются ледниковые *столы*, *грибы* и другие формы. Ледниковые стол и гриб представляют массивные каменные глыбы, сидящие на ледяной подставке на поверхности ледника. Высота ледяной ножки от 0,5 до 4 м. Глыбы не прогреваются солнцем до нижней поверхности и предохраняют находящийся под ними лед от таяния.

Ледники то продвигаются из области питания в связи с увеличением ледяной массы — наступают, то сокращаются — отступают. Это вызвано климатическими причинами: в холодные сырые периоды, когда образуется больше осадков в виде снега, увеличивается объем ледника, что приводит к увеличению ледяной массы и наступлению ледников. В теплые сухие периоды ледники усиленно тают, сокращаются, что приводит к уменьшению их объема, к отступлению.

ТИПЫ ЛЕДНИКОВ

Ледники бывают *материковые* и *горные*. Материковые, или покровные, ледники наблюдаются в северных и южных полярных областях. Они в виде сплошного ледяного панциря покрывают материк Антарктиду и некоторые острова (Гренландия). Лишь отдельные горные вершины или одиночные скалы могут быть не покрыты льдом. Это так называемые *нунатаки*.

Ледниками покрыто около 16,3 млн. км^2, что составляет почти 11% поверхности суши, причем 99,5% площади, занятой ледниками, приходится на материковые, 0,5% — на горные области. В Антарктиде сконцентрировано 87% льда всей нашей планеты.

Объем льда на Земле достигает 30 млн. км^3. Он равен стоку всех рек земного шара за 650—700 лет. Максимальная толщина ледникового покрова Антарктиды около 4500 м, в Гренландии —

3300 м. Вес ледяного щита в Антарктиде около 3 млрд. т. Эта огромная ледяная масса давит с силой в несколько сот тонн на 1 м². Если общую массу льда равномерно распределить по поверхности всей суши, то толщина ледяной корки достигнет 120 м.

Лед покровных ледников от области питания (центральной части) стекает во все стороны. Материковые ледники под действием собственной тяжести сползают в море. И в этом случае в море откалываются большие ледяные горы — *айсберги*. Над водой выступает лишь $^1/_8$ айсберга. Остальная, бо́льшая часть находится под водой и представляет опасность для кораблей. В 1956 г. был обнаружен айсберг площадью 2700 км² и высотой надводной части 40 м. Объем пресного льда в нем превышал 850 км³, что равно годовому стоку Енисея. Айсберги бывают весом до 14 млн. т. В Антарктиде был обнаружен гигантский айсберг длиной 333 км, шириной 96 км. Некоторые айсберги возвышаются над водой на 800 м.

Горные ледники делятся на висячие, каровые, долинные, переметные. *Висячие*, или *пиренейские, ледники* располагаются на крутых склонах гор (к этому типу относится большинство ледников Альп); *каровые*, или *цирковые*, приурочены к карам — областям питания бывших ледников; они заполняют крутостенные, округлые впадины. *Долинные ледники* лежат в межгорных долинах; *переметные* стекают на противоположные склоны горной возвышенности из общей седловины в виде двух языков.

К долинным относится один из крупнейших в мире — ледник Федченко на Памире, имеющий длину 77 км, ширину 2,5, а толщину 1 км, площадь 156 км². У него ясно выражена область питания, находящаяся в вершинной части гор, и область стока — ледниковый язык, спускающийся по долине. Самый длинный горный ледник в мире — Хаббард (Аляска) — имеет длину 145 км.

РАЗРУШИТЕЛЬНАЯ РАБОТА ЛЕДНИКОВ

Ледник при своем движении производит большую разрушительную работу. Разрушительная работа ледников получила название *экзарации* или *выпахивания*. Обломки горных пород, вмерзшие в лед, бороздят, истирают ледниковое ложе, а сам ледник шлифует, полирует поверхность горных пород, образует желоба и прочерчивает борозды.

Обломки горных пород, передвигающиеся с ледником, округляются, образуя валуны. Но ледниковые валуны сохраняют плоские поверхности, этим они отличаются от валунов неледникового происхождения.

Утюгообразные камни располагаются вдоль направления движения ледника. Валуны состоят из пород, чуждых по минералогическому составу породам данной местности. Такие обломки называются *эрратическими* или *чуждыми валунами*. Они принесены ледником из других районов.

МОРЕНЫ

Обломочный материал, переносимый ледником и отложенный им, называется *мореной*.

Морены делятся на *перемещаемые* и *отложенные*.

Перемещаемые морены делятся на поверхностные, внутренние и нижние.

Поверхностные морены лежат на поверхности ледника и представляют обломочный материал, упавший на ледник с горных склонов; частично эти морены образуются за счет вытаивания внутренней морены. Поверхностные морены подразделяются на *боковые*, располагающиеся по краям ледника, и *срединные*, которые образуются при слиянии нескольких ледников за счет их боковых морен. Боковые морены протягиваются вдоль краев долинных ледников от снеговой линии до конца ледника и представляют вал с острым гребнем, сложенный грубообломочным материалом. В леднике может образоваться несколько параллельных срединных морен.

Внутренние морены находятся в теле ледника. Образуются они из обломочного материала, попадающего в ледяные трещины, из обломков, попавших внутрь ледника с поверхности вследствие протаивания или за счет нижней морены при слиянии ледников, когда материал нижних морен вдавливается в лед.

Обломочный материал, перемещаемый ледником по дну, называется *нижней* или *донной мореной*. Образуется она в результате разрушения ледником своего ложа и частично за счет материала, проникающего по трещинам с поверхности ледника.

Отложенные морены делятся на береговые, продольные, конечные и основные.

Береговая морена образуется из боковой морены при частичном или полном таянии ледника. *Продольная морена* образуется при таянии горных ледников за счет вытаивания срединной морены. *Конечная морена* располагается у края материкового ледника или нижнего конца горного ледника в виде дугообразных гряд, она образуется при длительном стационарном положении ледника. *Основная морена* образуется за счет нижней и внутренней морен при таянии ледника. Она покрывает большие площади на равнинах, если образовалась в результате отступления материкового ледника, или заполняет дно ледниковых долин, если образовалась за счет горных ледников.

После таяния ледника остаются центральная впадина, занятая озером, болотом, торфяником, и вал конечной морены, образующий моренный амфитеатр. Крутой склон этого амфитеатра обращен к бывшему леднику, пологий — в противоположную сторону. Пологая сторона моренного амфитеатра постепенно переходит в отложения талых вод ледников (*флювиогляциальные отложения*). Это галечник, гравий, песок и другой обломочный материал. Для него характерна тонкая слоистость.

ЛЕДНИКОВЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА

Ледники создают своеобразные формы рельефа, которые подразделяются на скульптурные и аккумулятивные.

Скульптурные формы рельефа возникают в результате шлифующей и выпахивающей деятельности ледников. К ним относятся сглаженные скалы, бараньи лбы, курчавые скалы, троги, кары, котловины выпахивания.

Аккумулятивные формы рельефа — результат ледниковых отложений. К ним относятся различные морены, озы, камы.

Бараний лоб — скалистый выступ коренных прочных пород с гладкой, отполированной поверхностью, с царапинами, располагающимися по направлению движения ледника. Склон, обращенный к леднику, пологий и отшлифованный; противоположный — крутой и неровный. Бараньи лбы достигают в длину сотен метров, в высоту около 50 м. Группа бараньих лбов образует так называемые *курчавые скалы*, они напоминают спины лежащего стада овец. В СССР многочисленны курчавые скалы на Кольском полуострове и в Карелии.

Троги — горные долины, обработанные ледниками. В разрезе они имеют корытообразную форму, с широким пологовогнутым дном и крутыми стенками с выпуклым перегибом, образующим пологую площадку. Поверхность склонов долины, по которой спускался ледник, отшлифована, вышележащая часть носит следы геологической деятельности других внешних агентов (выветривание, работа ветра, текучих вод и т. д.). Фьорды Норвегии — это троги, заполненные морской водой в связи с повышением уровня океана в послеледниковое время.

Кары представляют собой полуцирки (амфитеатры) с чашеобразным дном, расположенные в привершинной части гор. Стенки кара обычно крутые, отвесные. Задняя сторона, обращенная к вершине горы, имеет бóльшую крутизну. Кары — фирновые бассейны бывших ледников, т. е. область питания горных ледников.

Озы — длинные, узкие, высокие, извилистые валы, состоящие из обломочного материала (галечник, гравий, нередко песок с примесью валунов). Протяженность их равна десяткам километров, а высота — десяткам метров. Склоны крутые. Озы сложены отложениями водных потоков, протекавших внутри ледника, под ледником и на его поверхности. Озы по форме напоминают железнодорожную насыпь.

Друмлины представляют моренные холмы продолговато-овальной формы, по длинной оси направленные по движению ледников. Таким образом, по расположению друмлин можно судить о направлении движения древних ледников. Длина друмлин достигает нескольких сотен метров. Состоят они из валунной глины.

Происхождение друмлин до сих пор неясно. По мнению одних ученых, они возникают в результате остановки участков ледника, переполненных валунным материалом, у какого-либо препятствия.

Другие считают их результатом выпахивающей деятельности ледника при наступлении его в области, где ранее отложилась морена.

Камы, встречающиеся вместе с озами, представляют беспорядочно разбросанные холмы округлой или продолговатой формы, сложенные слоистым, сортированным песчано-гравийным и галечниковым материалом, высотой 6—12 м (иногда до 30 м). Образуются они у края материковых ледников при их отступлении. Тогда появляются обширные участки неподвижного льда, при таянии которого из моренного материала вымываются глинистые частицы, а во внутриледниковых каналах и озерах отлагаются песок, гравий, галечник. В некоторых случаях камы являются конусами выноса внутриледниковых потоков.

Задание.

Изучите минералогический и петрографический составы валунов, сравните их с окружающими породами. Объясните их происхождение (ледниковое, речное).

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Тушинский Г. К., Малиновская Н. М. Изучение снежного покрова и ледников в школе. М., Просвещение, 1972.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА МОРЯ

Моря и океаны имеют большое значение для жизни нашей планеты, и особенно велика их геологическая роль. Мировой океан занимает более 70% поверхности земного шара, содержит огромное количество воды (около 1,4 млрд. км^3), находящейся в постоянном движении. Важной частью геологической работы моря является накопление осадков. Море — основной резервуар накопления осадков на Земле. Основная масса осадочных пород образуется на дне морей. Море производит также и разрушительную работу.

РЕЛЬЕФ МОРСКОГО ДНА И БИОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ

По конфигурации выделяют три части морского дна: шельф (материковая отмель), материковый склон и океаническое дно (ложе океана).

Шельфом называется нижняя краевая часть материка (континента), залитая морем. Шельф, или мелкоморье, — земная кора континентального типа, затопленная морем. Ширина шельфа достигает 700 км и более. Шельф характеризуется постоянством глубин на больших площадях. Вся толща воды интенсивно перемешивается. Распространены галечник, гравий, грубозернистый песок. Как правило, материал хорошо окатан и отсортирован.

Материковый склон — переходная часть морского дна, расположенная между шельфом и глубоководным океаническим дном.

Наклон поверхности до 7° и больше. Для материкового склона характерен сложный расчлененный рельеф. Материковый склон (место самого крутого погружения материкового массива) представляет переходную зону от континентальной коры к океанической. Здесь континентальная кора постепенно утончается и переходит в океаническую.

Океаническое ложе — дно океана, располагающееся ниже материкового склона. Как правило, с глубины 2000 м дно выполаживается. Рельеф ложа океана осложнен глубоководными впадинами и подводными хребтами, выступающими из-под уровня моря цепочками островов.

В морском бассейне в зависимости от глубины выделяются следующие биономические (жизненные) зоны:

1) прибрежная, или *литоральная*, — береговая зона, расположенная между уровнем прилива и отлива. Это зона прибоя. Глубина ее примерно от 0 до 20 м;

2) мелководная, или *неритовая*. Она простирается в среднем от глубины 20 до 200 м;

3) средних глубин, или *батиальная*, простирающаяся от глубины 200 до 2000 м;

4) глубоководная, или *абиссальная*. Она простирается от глубины 2000 м до максимальных глубин;

5) открытого моря, или *пелагическая*,— приповерхностные толщи воды в открытом море.

Литоральная зона — прибрежная часть морского дна, осушающаяся во время отлива. Она имеет небольшую ширину и лишь в исключительных случаях достигает 10—15 км. Литоральная зона характеризуется периодическим осушением дна, обилием света, наличием сильных движений воды (волнения, прибой, течения), резкими колебаниями температуры и солености в течение суток и года, своеобразием грунта и весьма разнообразным растительным и животным миром. Литоральная зона — область активного взаимодействия суши и моря.

Неритовая зона начинается от линии отлива и распространяется до глубины в среднем 200 м. Она хорошо просвечивается, богата кислородом; температуры в этой зоне изменчивы. Для этой зоны характерны сильные движения воды. Органическая жизнь обильна и разнообразна.

Батиальная зона (от 200 до 2000 м). Освещена только верхняя часть этой зоны. Движение воды слабее. Наблюдаются постоянные ослабевающие книзу течения. Температура в различных частях зоны различная, но для отдельных участков постоянная.

Абиссальная зона характеризуется абсолютной темнотой, высоким давлением, слабым движением воды, направленным от высоких широт к экватору, постоянной температурой, не превышающей 4 °С, отсутствием растений (кроме бактерий и некоторых водорослей). Животный мир очень беден. У животных хорошо развиты органы осязания. Многие формы лишены глаз или же имеют больших

размеров глаза; некоторые обладают способностью фосфоресцировать и тем самым освещать себе путь.

Организмы, обитающие в открытом море (вне литоральной зоны), получили название *пелагических*. Жизнь этих организмов не связана непосредственно с дном моря. Сюда относятся пассивноплавающие и активноплавающие животные.

ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР МОРЕЙ

Морские организмы по образу жизни делятся на донные (*бентос*) и населяющие водные массы открытого моря, не связанные с дном (*пелагические*). Пелагические, в свою очередь, делятся на пассивноплавающие (*планктон*) и активноплавающие (*нектон*). Бентос бывает прикрепленный, неприкрепленный или подвижный. К прикрепленному бентосу относятся животные, прикрепленные к субстрату (кораллы, морские лилии, плеченогие и им подобные) или лежащие на дне; ползающие животные относятся к подвижному бентосу (крабы, морские ежи).

Пассивноплавающие животные самостоятельно не плавают, а переносятся волнами и течениями. К ним относятся многие водоросли, большинство одноклеточных микроорганизмов. Активноплавающие — свободно перемещающиеся животные. Это рыбы, киты, дельфины, головоногие моллюски.

РАЗРУШИТЕЛЬНАЯ РАБОТА МОРЯ

Особенно активно проявляется разрушительная работа моря в береговой зоне, к которой относятся непосредственно берег и прибрежная полоса морского дна.

Прибой увлекает обломки пород и бросает их на скалистые берега. Морские волны могут передвигать не только мелкие обломки, но и громадные глыбы породы весом до 100 т. Разрушительная работа моря называется *абразией*. Абразионная деятельность моря распространяется до глубины 200 м.

Степень разрушения берега зависит от крутизны и высоты берегов (чем выше и круче берег, тем сильнее разрушение), от прочности горных пород, слагающих берег (рыхлые и мягкие породы — слабый песчаник, вулканический туф — легче разрушаются, чем массивные, твердые — гранит, базальт), от их трещиноватости, от уклона морского дна у берега, от размера волн, силы их удара и продолжительности воздействия их на берег, от температуры воды (возрастает при понижении температуры) и от характера их залегания (наименьшее разрушение в том случае, когда породы наклонены в сторону моря, максимальное, когда породы наклонены в сторону суши, и среднее, когда породы залегают горизонтально).

Морской берег — арена борьбы моря и суши. Морское побережье представляет результат сложнейшего взаимодействия тектонических, литологических, гидрологических и климатических факторов.

Наименее устойчивым образованием является берег моря. Природные процессы незаметно для человеческого глаза меняют облик морских берегов. Волны разрушают берега, размывают пляжи, сносят сооружения. В результате населенные пункты могут оказаться на морском дне. Волны, разрушая берега, создают благоприятные условия для возникновения обрушений и оползней. Благодаря геологической деятельности моря образуются косы, отмели, пляжи, заносятся порты. Скорость продвижения моря в глубь суши в среднем 1—2 км за 1000 лет.

С целью защиты берегов на побережье морей ведут укрепительные работы: сооружают волноломы, подпорные стенки.

Установлено, что наиболее устойчивая форма берегов — бухтовая. Это объясняется тем, что мысы, разрывая водный поток на части, гасят энергию прибоя и тем предотвращают размыв и унос продуктов размыва.

Для сохранения берегов создаются искусственные бухты. Достигается это путем сооружения волноломов в прибрежной зоне моря на расстоянии нескольких сотен метров друг от друга. Со временем море соединяет их с берегом песчаными перемычками в виде полуокружностей, т. е. создает бухты. Для защиты берега от напора морских волн сооружают искусственные пляжи. Полоса пляжа прикрывает высокий берег от разрушительных волн.

СОЗИДАТЕЛЬНАЯ РАБОТА МОРЯ

Основная масса продуктов разрушения земной поверхности в конечном счете доставляется агентами переноса в моря и океаны.

Морские осадки делятся на механические, химические и органические.

В неритовой зоне образуются все виды осадков. Наибольшее распространение имеют механические осадки в виде обломочного материала, образовавшегося в результате разрушения берегов и принесенного с суши реками. Этот обломочный материал сортируется по размеру и весу обломков.

Ежегодно с суши сносится в океан несколько миллиардов тонн растворенных в воде веществ. Часть этих химических соединений поглощают животные и растения в процессе их жизнедеятельности, часть остается в растворенном состоянии, часть выпадает в осадок. Химические осадки образуются в результате химических и биохимических реакций, а также от изменения температуры воды. Химические осадки морей бывают кристаллические и коллоидальные. Выпадают в большом количестве соединения железа (бурый железняк), марганца (пиролюзит), фосфора (фосфорит) и др. В прибрежной зоне образуются скопления раковин и их обломков. Для этой зоны характерна быстрая смена типов осадков. Осадконакопление носит разнообразный и непостоянный характер.

В батиальной зоне отлагаются неорганические и органические илы. К неорганическим относятся синий или голубой, красный,

зеленый илы — терригенные (принесенные с суши) осадки и вулканический ил. Цвет зеленого ила обусловлен присутствием зерен глауконита — минерала зеленого цвета; синий ил содержит мелкие включения сернистого железа (пирита). Красный ил отлагается в тропических морях, куда с суши сносятся продукты выветривания (латериты), имеющие красный цвет.

В образовании органических илов принимают участие планктонные животные и растения, населяющие верхние слои моря. Илы подразделяются на *глобигериновые* — осадок средних глубин теплого пояса, *диатомовые* — осадок холодного пояса, *радиоляриевые*, образующиеся на больших глубинах (от 4 до 8 тыс. м.).

В абиссальной зоне отлагается *глубоководная красная глина*, представляющая смесь нерастворимого остатка органического ила, образовавшегося из пелагических осадков (открытого моря), метеоритной, ветровой пыли, осевшей на водной поверхности, обломочного материала, принесенного айсбергами, терригенного материала, принесенного морскими течениями, продуктов подводных вулканических извержений (особенно вулканического пепла), продуктов, образованных в результате химических процессов, протекающих в глубоководной зоне. Мощность красной глины ничтожно мала — несколько десятков сантиметров, что указывает на крайне медленное ее накопление (около 0,008 мм в год). Цвет у нее бывает не только красный, но также бурый и шоколадный.

На дне водных бассейнов (особенно морей) происходит процесс преобразования рыхлого осадка в уплотненные осадочные породы. Этот процесс называется *диагенезом* или *процессом вторичного рождения*.

Главными причинами диагенетических изменений осадков являются нагрузка вышележащих слоев, влияние подземных вод, температура, время (длительность пребывания породы в соответствующих условиях). В процессах диагенеза принимает участие и органический мир, особенно бактерии. Диагенетические процессы способствуют концентрации отдельных элементов, обогащению месторождений. В процессе диагенеза образуются нефть, горючий газ, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

МИНЕРАЛЬНЫЕ БОГАТСТВА МОРЯ

90% полезных ископаемых — осадочные, морского происхождения. Полезные ископаемые содержатся в самой морской воде, на морских побережьях (россыпи и рыхлые отложения), в морских осадках и залегающих под ними коренных породах.

Морская вода, по сути, богатейшая жидкая руда. В воде океанов и морей растворено до 70 различных химических элементов.

По подсчетам ученых, в Мировом океане хранится свыше 10 млрд. т золота, около 3 млрд. т никеля, 164 млн. т серебра, 800 млн. т молибдена, 1 млрд. т свинца и цинка, 20 тыс. т радия, 4 млрд. т урана и т. д. Если извлечь золото из морской воды и распределить среди населения земного шара, то на каждого придется почти 3 т.

Из морской воды извлекают пищевую соль, йод, бром, магний, сульфат натрия и другие химические соединения. Если выпарить соли, содержащиеся в воде Мирового океана, и равномерно рассыпать по поверхности Земли, то толщина слоя составит почти 45 м.

Морские прибрежные россыпи содержат золото, платину, алмазы, оловянный камень, вольфрамит, титанистый железняк и др. Здесь же добывают строительные материалы: песок, гравий, галечник, известняк-ракушечник и др. В прибрежных областях морей и океанов добывают нефть и газ. Добыча нефти со дна моря в крупных масштабах ведется в Мексиканском и Персидском заливах, в Каспийском море. Потенциальные запасы нефти на дне океанов и морей превосходят разведанные нефтяные запасы суши примерно в 3 раза.

На морском дне больше полезных ископаемых, чем на всех континентах. Со дна океанов можно добывать кобальт, медь, олово, платину, титан и другие элементы. Некоторые морские илы представляют собой цементное сырье.

Исследования показали, что обширные пространства дна Тихого, Атлантического и Индийского океанов покрыты железными и марганцевыми рудами — конкрециями. Добыча лишь 1% этих залежей удовлетворит мировую потребность в этих металлах на тысячи лет.

Безусловно, породы, слагающие дно океанов, также содержат большие запасы полезных ископаемых. Океаны и моря, занимающие бо́льшую площадь земной поверхности, можно считать почти нетронутой целиной полезных ископаемых. Отличительная особенность Мирового океана в том, что в нем все время создаются новые химические соединения, а следовательно, и новые полезные ископаемые.

Задание.

Если вы живете близко от моря, изучите геологическую работу моря, оформите стенд на тему «Геологическая работа моря», соберите коллекцию «Морские отложения».

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Ростэрчук М. Над впадиной Романш, или Путешествие в гид[illegible] М., Гидрометеоиздат, 1970.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ОЗЕР И ЛАГУН

Геологическая работа озер напоминает геологическую работу морей. Отличие состоит в том, что масштабы работы озер гораздо меньше.

Озера, как и моря, производят разрушительную и созидательную работу. Наиболее важная часть геологической работы озер — отложение осадков.

ОЗЕРНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Озерные отложения бывают *механические, химические* и *органические*. Механические осадки на дне озера распределяются закономерно: у самого берега откладывается крупный и тяжелый обломочный материал, дальше от берега — более мелкий и легкий.

На дне озер, богатых планктоном, вместе с тонким механическим осадком отлагается органический ил — сапропель. Иногда сапропель достигает большой мощности — нескольких метров. Его используют для получения кокса, бензина, керосина, технических масел. Из сапропеля делают легкий кирпич, а также используют его как органо-минеральное удобрение.

Отложения древних ископаемых озер — каменная соль, гипс, озерная, или бобовая, железная руда, озерный мел, литографический камень (разновидность кальцита). В озерах Кулундинской равнины и Барабинской низменности в наше время отлагаются поваренная соль, сода; в некоторых озерах Западной Сибири, Забайкалья, Грузинской ССР происходит осаждение глауберовой соли (мирабилита).

ЛАГУНЫ

Лагунами называются мелководные бассейны, отделенные от моря полосой наносов или соединенные с ним узким проливом. Лагуны бывают с опресненной, солоноватой или сильно соленой водой. В соленых лагунах в условиях жаркого сухого климата отлагаются гипс, поваренная соль, калийные соли. Крупная лагуна — залив Каспийского моря — Кара-Богаз-Гол.

В о п р о с ы и з а д а н и е.

1. Может ли бессточное озеро быть пресным в условиях жаркого климата? 2. Какого происхождения озера или лагуны имеются в вашей местности? Как они образовались? Какие полезные ископаемые в них встречаются? Где они используются? 3. Оформите стенд «Озера нашей местности».

З а д а н и я по разделу «Геологические процессы».

1. Организуйте экскурсию в природу, изучите геологические процессы, характерные для вашей местности. 2. Чтобы приумножить природные богатства нашей страны, необходимо их рационально и по-хозяйски использовать. Помните замечательные слова писателя — любителя природы М. Пришвина: «Охранять природу — значит охранять Родину». Необходимо выяснить, какие мероприятия по охране неживой природы являются необходимыми для вашей местности. Как в вашей местности организована охрана геологических заповедных мест? Оформите в школе стенд на тему «Охрана неживой природы».

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Заповедники Советского Союза. М., Колос, 1969.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Палеонтология — наука, изучающая органический мир геологического прошлого и закономерности его исторического развития.

ФОРМЫ СОХРАНЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ

Органические остатки, находимые в толщах осадочных пород, имеют различную сохранность. Ископаемые организмы, обитавшие в водной среде, сохраняются лучше, на суше — хуже. Бо́льшая часть ископаемых встречается в породах морского происхождения.

Можно выделить следующие основные формы сохранения органических остатков:

1) *полная сохранность*. Обычно мягкие и нежные части организмов почти никогда не сохраняются. В ископаемом состоянии чаще всего сохраняется твердый скелет: кости, зубы позвоночных, раковины и скорлупки беспозвоночных. При исключительно благоприятных условиях естественного захоронения трупы животных могут сохраниться в почти неизмененном виде. Полностью сохраняются в многолетней мерзлоте трупы мамонтов, носорогов, лошадей, в янтаре — насекомые, в асфальте и озокерите (горный воск) — птицы и насекомые. Очень редко сохраняются растения (чаще в обугленном или минерализованном виде);

2) *псевдоморфозы*, или ложные формы, — наиболее часто наблюдаемая форма сохранения. При этом органическое вещество разлагается, вытесняется и замещается минеральными соединениями: кремнеземом, кальцитом, пиритом, лимонитом и т. п. При этом сохраняется анатомическое строение дерева и раковины. Псевдоморфозы могут быть по древесине (окаменелое дерево) и раковинам животных;

3) *ядро*. Различают внутреннее и наружное ядра.

Внутреннее ядро. Внутренняя полость погребенной раковины со временем может заполниться илом и другими минеральными образованиями. Сама раковина в дальнейшем может раствориться. Останется слепок раковины — внутреннее ядро. Внутреннее ядро передает внутреннюю форму раковины.

Наружное ядро. Если минеральное вещество заполняет все

полость, образовавшуюся после растворения раковины, получается наружный отлив — наружное ядро. Наружное ядро передает наружную форму раковины;

4) *отпечатки* скелетов позвоночных, мягких частей, растений, раковин, следов ползания и хождения животных. Лучше всего отпечатки сохраняются в глинистых породах, реже в песчаниках и известняках.

ИСКОПАЕМЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

Тип Простейшие

Простейшие — примитивно устроенные одноклеточные организмы, обычно микроскопических размеров. Более крупные из них достигают нескольких миллиметров или сантиметров.

Клетка простейшего представляет собой комочек протоплазмы с ядром внутри. Наиболее типичным представителем простейших является амеба. Наряду с этим есть простейшие, имеющие твердую наружную оболочку — скорлупку или раковинку, состоящую из органического и минерального вещества.

Простейшие обитают в морях, океанах, солоноватых и пресноводных озерах, в реках, болотах, лужах, во влажной почве, в подземных водах. Существуют простейшие с архея и до настоящего времени. Это самые древние на Земле организмы.

В ископаемом состоянии лучше сохраняются представители, относящиеся к классу саркодовых, имеющих минеральную оболочку или раковинку. Они имеют наибольшее геологическое значение. Представитель: фузулина — C_2—C_3 (рис. 10).

Тип Археоциаты

Археоциаты — вымершие морские многоклеточные одиночные и колониальные животные. Размеры — от нескольких миллиметров до 40 см. Скелет известковый, кубковидный. Археоциаты вели прикрепленный донный образ жизни. Обитали они в мелководной зоне теплых морей.

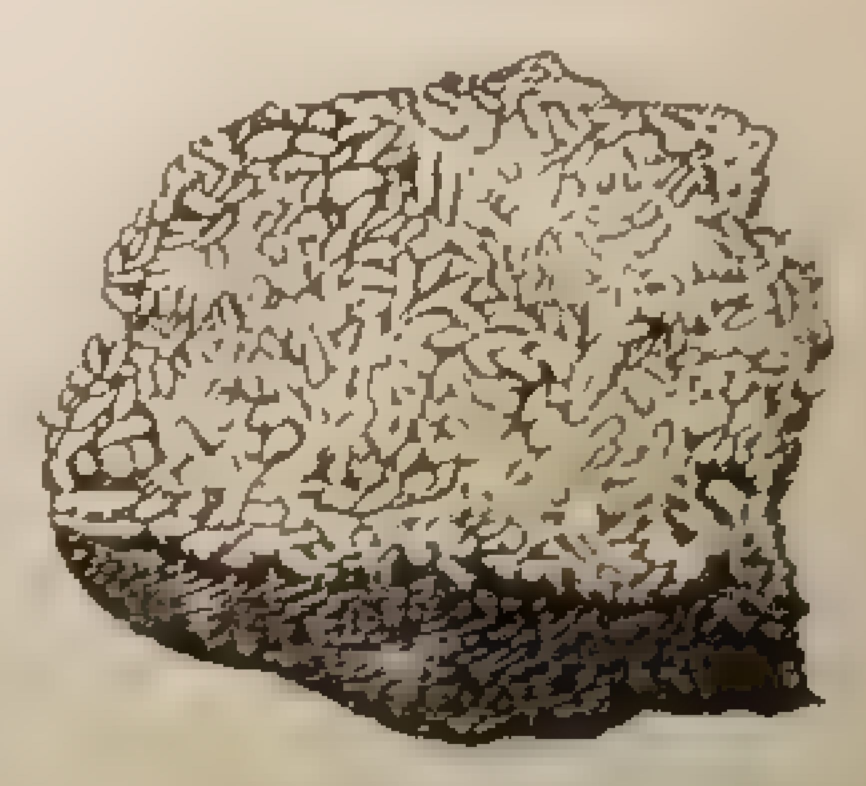


Рис. 10. Простейшие: фузулина

Археоциаты появились, по-видимому, еще в протерозое, расцвета достигли в раннем кембрии, в среднем кембрии их осталось мало. Представитель: археоциатус $Є_1$ (рис. 11).

Тип Кишечнополостные

Кишечнополостные — самые низкоорганизованные многоклеточные одиночные или колониальные животные. У многих скелет известковый, у некоторых органический. Тело кишечнополостных представляет собой мешочек, внутри которого находится пищеварительная полость с ротовым отверстием вверху. У них есть нервные клетки, органы чувств, мускульная система.

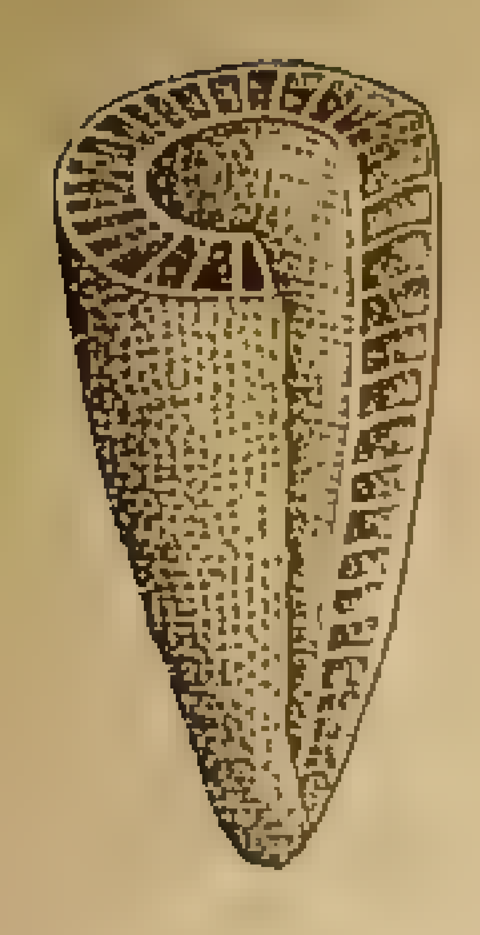


Рис. 11. Археоциаты: археоциатус

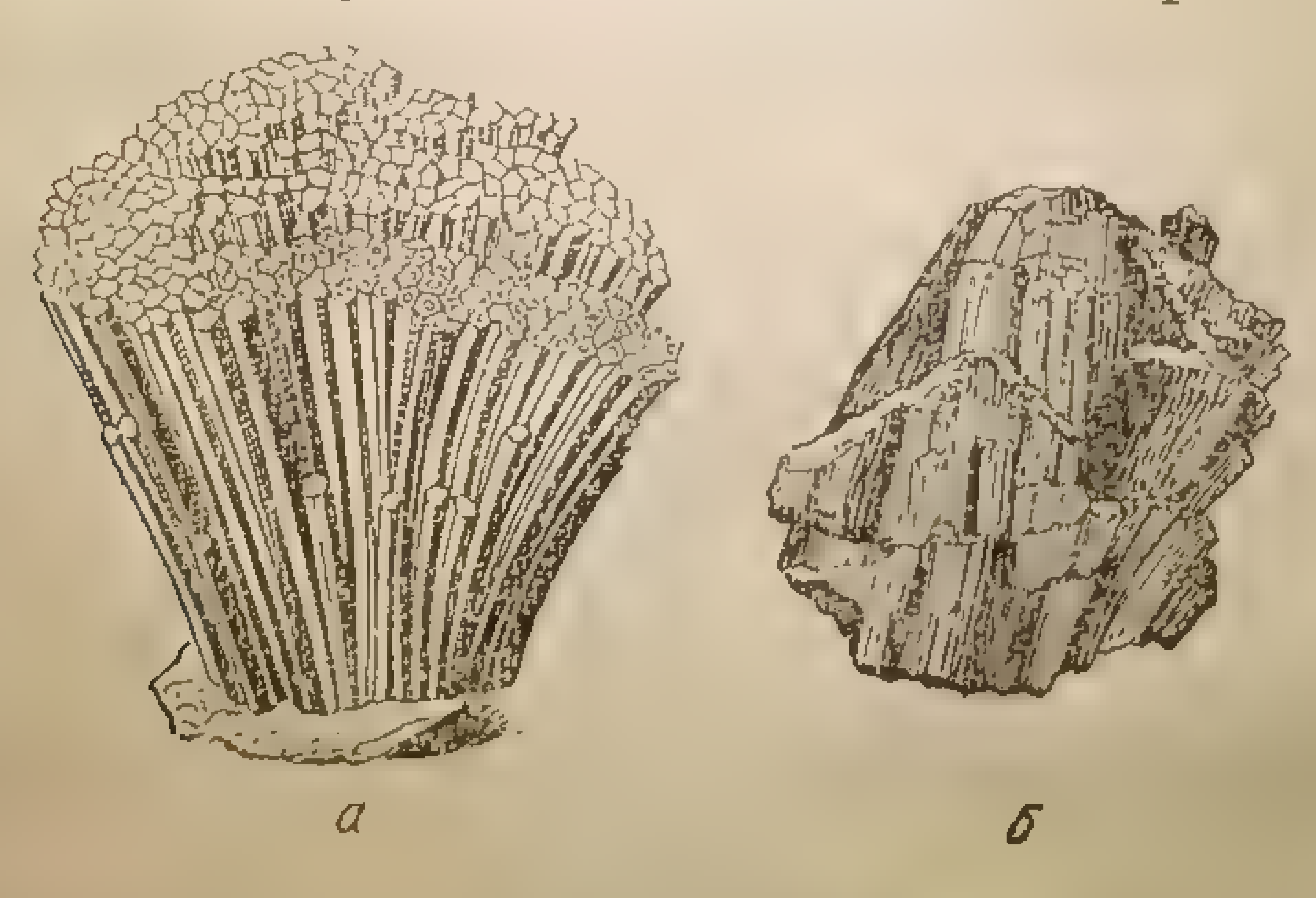
Кишечнополостные обитают главным образом в морях, реже в пресноводных бассейнах. Они или прирастают ко дну (полипы), или свободно плавают (медузы).

К кишечнополостным относятся коралловые полипы, актинии, медузы и др.

Кишечнополостные появились в конце протерозоя, живут и сейчас. В ископаемом виде чаще встречаются представители класса коралловых полипов.

Коралловые полипы — колониальные или одиночные животные. Скелет у них известковый. Колониальные кораллы живут в мелководной зоне теплых морей и строят коралловые рифы, но некоторые из них живут и в холодных водах. Наибольшее геологическое значение имеют подклассы трубчатые и четырехлучевые кораллы. Трубчатые и четырехлучевые кораллы жили в палеозое. Трубчатые кораллы широкое распространение получили в ордовик, силур и девон. В карбоне и перми их остается мало, в конце палеозоя они полностью вымирают. Представители: фавозитес — S — P, хететес — D_2 — C (рис. 12).

Четырехлучевые кораллы широкое распространение получили в ордовик, силур и особенно в девон. Начиная с каменноугольного периода они количественно сокращаются и в начале триасового периода вымирают. Представитель: кальцеола — D_1 — D_2.



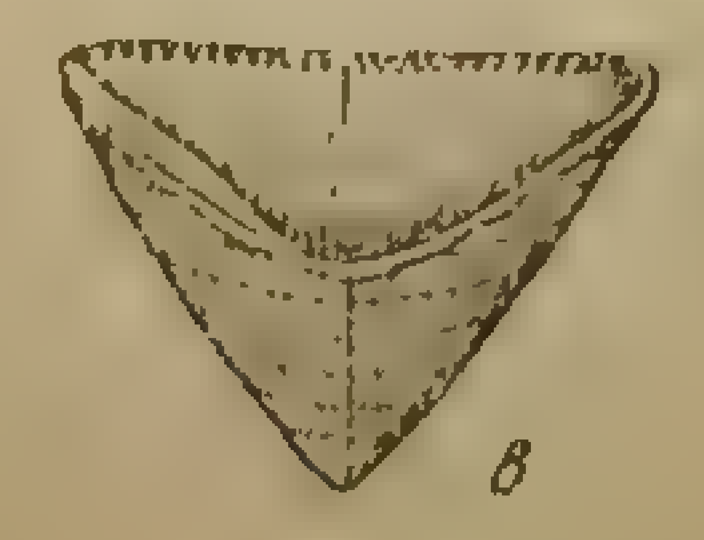
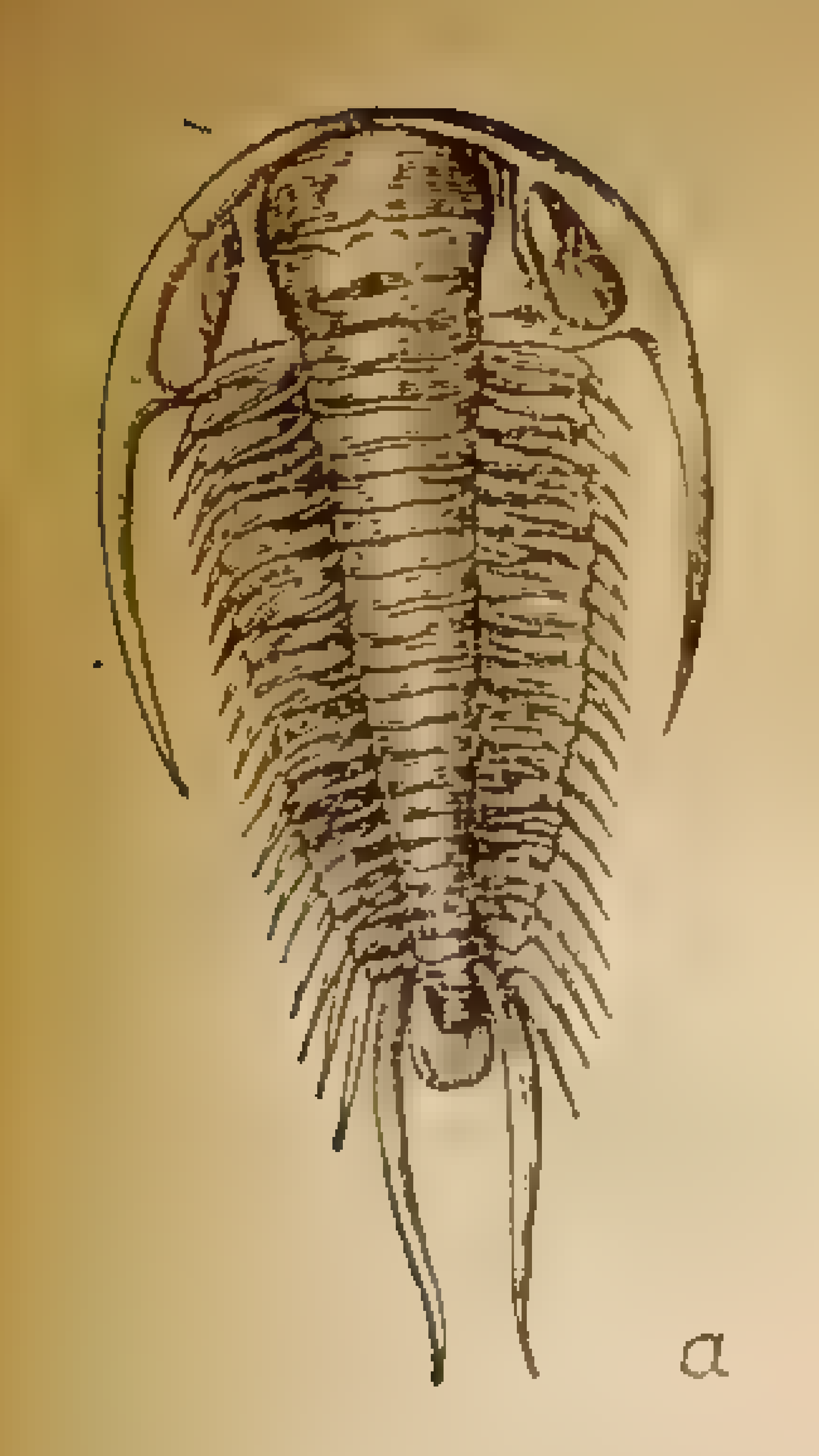


Рис. 12. Кораллы:
трубчатые — *а* — фавозитес, *б* — хететес; четырехлучевые — *в* — кальцеола





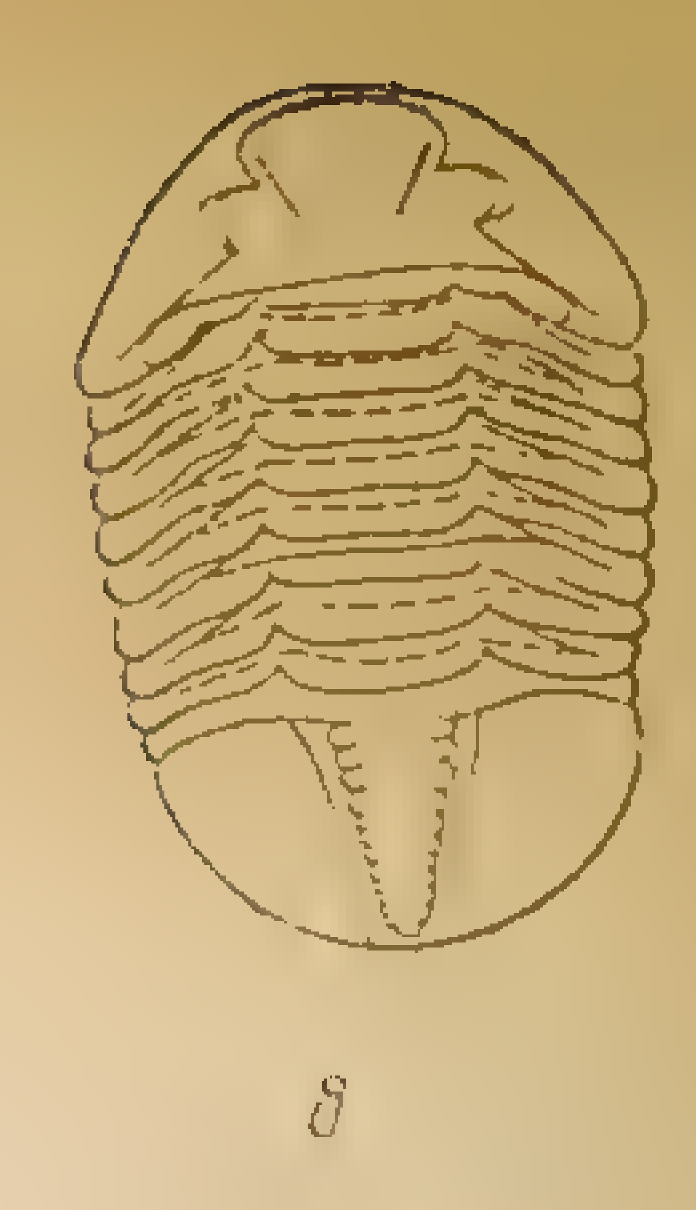


Рис. 13. Трилобиты:

а — парадоксидес, *б* — оленус, *в* — азафус

Тип Членистоногие

Членистоногие — наиболее широко распространенный тип беспозвоночных животных. Обитают они в самых разнообразных условиях: в морях, пресных водоемах, на суше, в почве, в воздухе.

Членистоногие известны с конца протерозоя. Живут они и в настоящее время. Из ископаемых наибольшее геологическое значение имеют трилобиты — морские животные. Трилобиты появляются в начале кембрия, достигают расцвета в кембрий и ордовик; в силуре их становится меньше, и в начале перми они полностью вымирают. Представители: парадоксидес — Є_2, оленус — Є_3, азафус — O_1—O_2 (рис. 13).

Тип Моллюски

Моллюски — высокоорганизованные беспозвоночные животные. У них развиты кровеносная (с сердцем) и нервная системы, пищеварительные органы и органы чувств. Раковина хитиноидная или известковая. Большинство моллюсков — обитатели моря, но некоторые живут в пресных водах и на суше. Ведут придонный и пассивноплавающий образ жизни.

Моллюски широко распространены и в связи с этим имеют большое геологическое значение. Наибольшее число руководящих форм дают моллюски. Моллюски известны с кембрия до нашего времени, но особенно богато они представлены в мезозое и кайнозое.

Наибольшее геологическое значение имеют брюхоногие, двустворчатые и головоногие моллюски. Брюхоногие моллюски известны с палеозоя (дали руководящие формы для него). Не теряют они

руководящего значения и в мезозое, но расцвета достигли в кайнозое. Двустворчатые моллюски также жили еще в палеозое, но руководящее значение имеют для мезозоя и особенно для кайнозоя. Головоногие моллюски дали руководящие формы для палеозоя и мезозоя. Представители брюхоногих моллюсков: туррителла — K — ныне, геликс — K_2 — ныне. Представители двустворчатых моллюсков: пектен — J — ныне, острея (устрица) — K — ныне, кардиум — K — ныне. Представители головоногих моллюсков: аммониты — тиманитес — D_3, кадоцерас — J_3, виргатитес — J_3; белемниты — C — P_2 (рис. 14).

Тип Мшанки

Мшанки в основном морские колониальные животные. Ведут прикрепленный образ жизни. Обитают в мелководной зоне. Размеры небольшие (до 1 мм). Колониальные постройки — хитиноидные (роговые) или известковые. Колонии кустистые, ветвистые, сетчатые и др. В ископаемом состоянии мшанки образуют мшанковые известковые рифы. Мшанки известны с ордовика до нашего времени. Они были рифообразователями в карбоне, перми и неогене. В мезозое многие палеозойские мшанки вымерли.

Тип Плеченогие

Плеченогие, или брахиоподы, — одиночные морские животные. Мягкое тело находится внутри двустворчатой раковины. У плеченогих есть кровеносная и нервная системы и различные внутренние органы. Раковина рогово-известковая или известковая. Размеры от 0,1 до 40 см (в основном 3—5 см).

Плеченогие известны с кембрия, особенно широкое распространение получили в палеозое, меньшее значение имеют для мезозоя и кайнозоя. В конце палеозоя количественно сильно сокращаются. Единичные представители сохранились до нашего времени (лингула и др.). Представители: оболюс — $Є_2$—O_1, ортис — O_1, пентамерус — S, продуктус — C, спирифер — C_1 (рис. 15).

Тип Иглокожие

Иглокожие — морские одиночные донные животные. Есть среди них свободноподвижные и прикрепленные. Тело иглокожих имеет вид шара, бутона, звезды, чашечки со стеблем и «руками». У иглокожих имеется кровеносная, нервная и пищеварительная системы, органы чувств и т. п.

Иглокожие известны с конца протерозоя до нашего времени. Морские пузыри типичны для раннего палеозоя. Морские лилии получили широкое распространение в палеозое. Морские ежи появились в ордовик, широкое развитие получили в мезозое, достигли расцвета в кайнозое. Представитель морских пузырей: эхиносферитес — O_2—O_3. Представитель морских лилий: купрессокринитес — D_2. Представитель морских ежей: микрастер — K_2 (рис. 16).

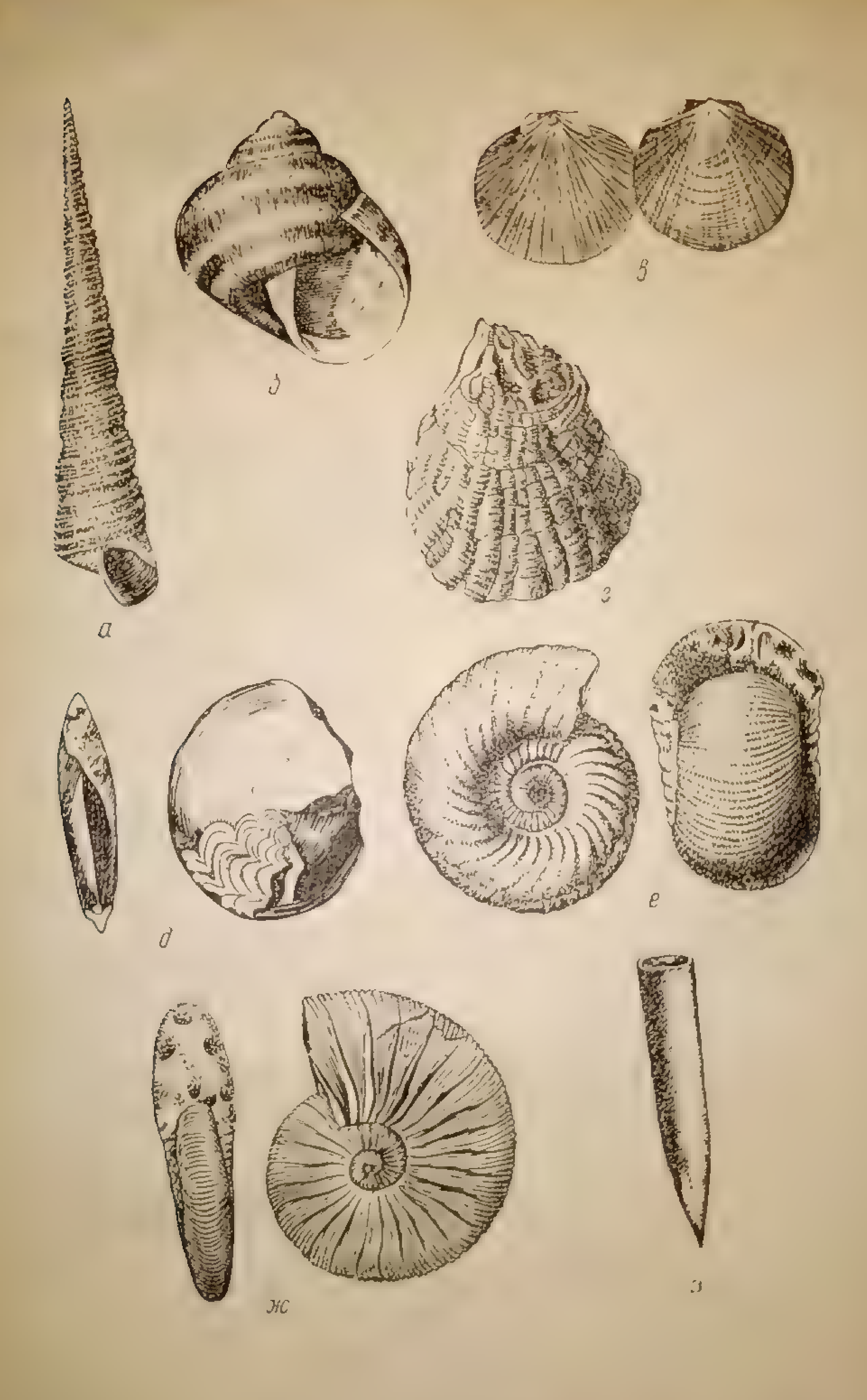


Рис. 14. Моллюски:

брюхоногие — *а* — туррителла, *б* — геликс; двустворчатые — *в* — пектен, *г* — острея; головоногие — аммониты; *д* — гиманитес, *е* — кадоцерас, *ж* — виргатитес; *з* — белемнит

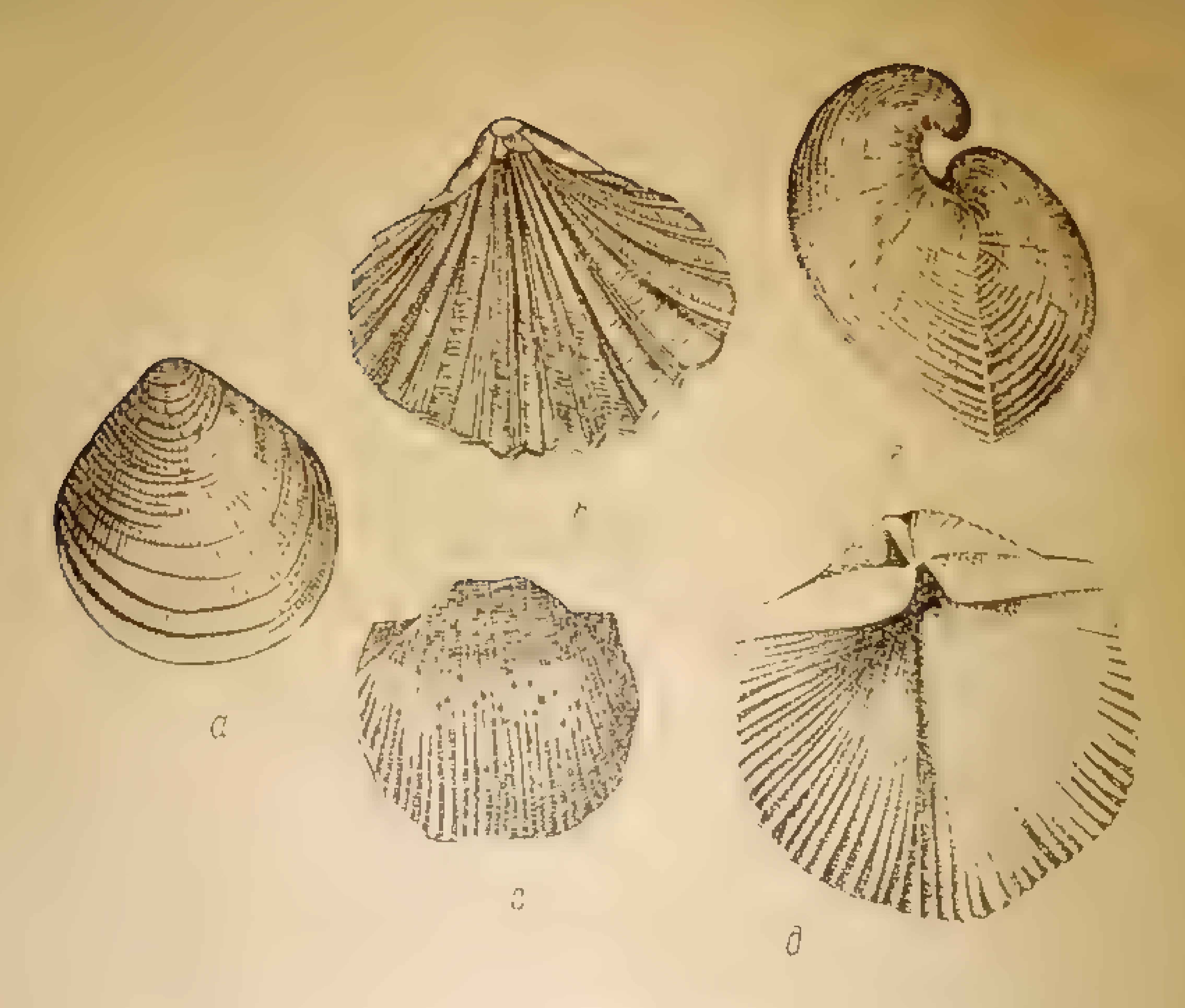


Рис. 15. Плеченогие:

а — оболюс, *б* — ортис, *в* — пентамерус, *г* — продуктус, *д* — спирифер

ИСКОПАЕМЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ

Тип Хордовые

Позвоночные наиболее высокоорганизованные животные.

Хордовые имеют спинную струну — сплошной гибкий стержень — внутренний осевой скелет, который у высших позже замещается позвоночным столбом.

Хордовые имеют очень большое значение для расчленения континентальных отложений.

Наибольший геологический интерес представляет подтип позвоночные.

Подтип Позвоночные

Позвоночные — высший подтип хордовых. К этому подтипу относятся бесчелюстные, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие. Позвоночные известны с раннего ордовика.

Надкласс Бесчелюстные

К этому надклассу относятся самые примитивные позвоночные, из ископаемых — щитковые. Они похожи на рыб, но не имеют челюстей и парных плавников. У них рот сосущего типа. Носовое отверстие непарное. Голова и передняя часть у них покрыты пан-

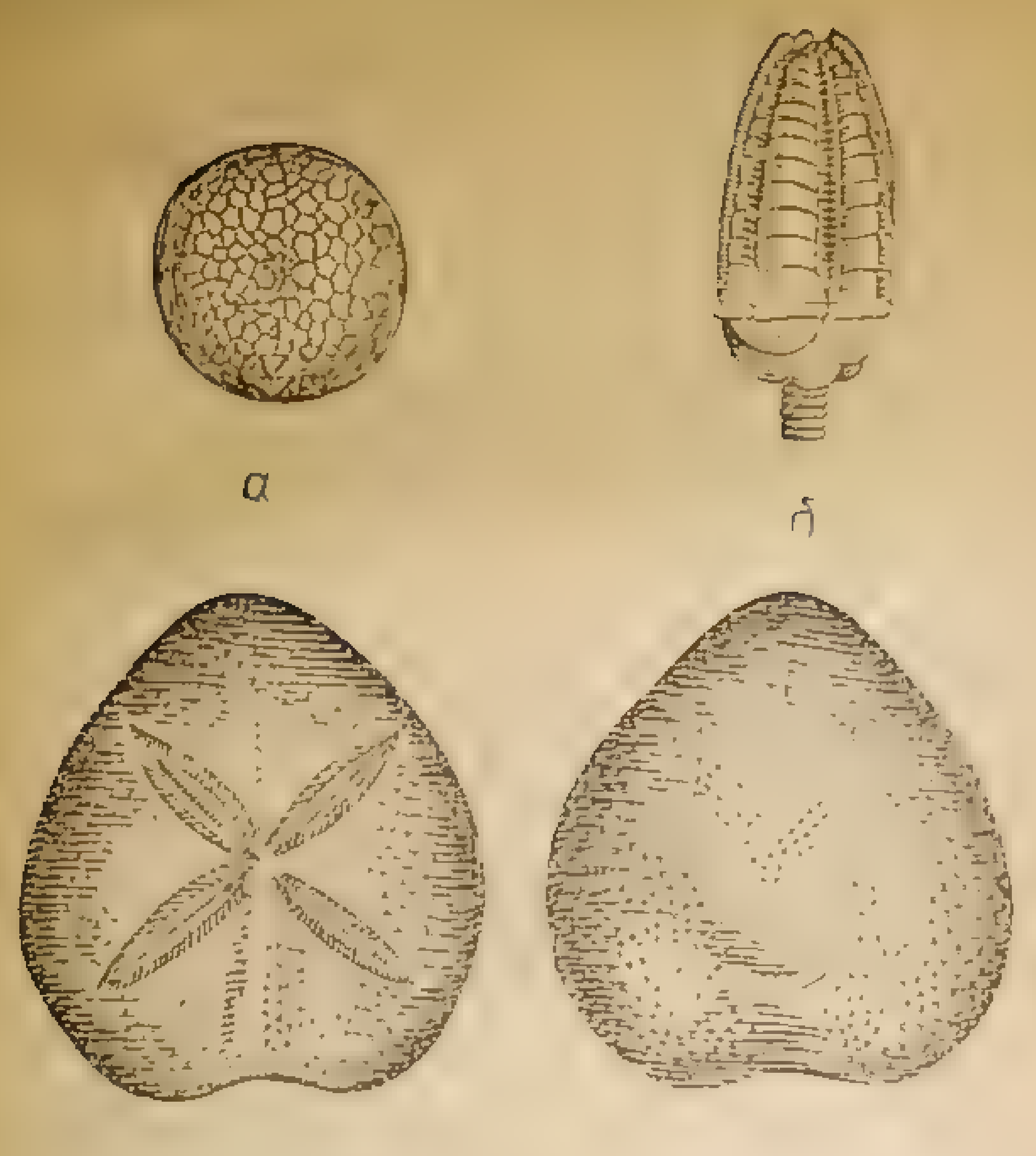


Рис. 16. Иглокожие:

Морские пузыри — *а* — эхиносферитес; морские лилии — *б* — купрессокринитес; морские ежи — *в* — микрастер

циреем, задняя часть покрыта чешуей. Скелет у них хрящевой. Хорда сохраняется в течение всей жизни.

Древние бесчелюстные появились в ордовике, в позднем девоне они вымирают. Особенно типичны для позднего силура и раннего девона. В настоящее время бесчелюстные представлены миногами и миксинами.

Надкласс Рыбы

У рыб развиты челюсти, парные плавники. Тело покрыто чешуей. Скелет у них хрящевой или костный. Рыбы — водные позвоночные, дышащие жабрами.

Рыбы известны с силура до настоящего времени. Особенно широкое распространение получили в девоне.

Надкласс рыб подразделяется на три класса: пластинокожие, хрящевые и костные.

Рыбы, относящиеся к классу пластинокожих, или панцирных, как и щитковые, имели в передней части панцирь. В отличие от щитковых пластинокожие имели челюсть. К ним относится род птерихтис (рис. 17).

Панцирные рыбы обитали в континентальных водоемах, реже в морях. Вели придонный образ жизни. Они жили только в девоне.

Рыбы, относящиеся к классу хрящевых, имеют внутренний хрящевой скелет. Тело их покрыто кожей. В ископаемом состоянии



Рис. 17. Птерихтис

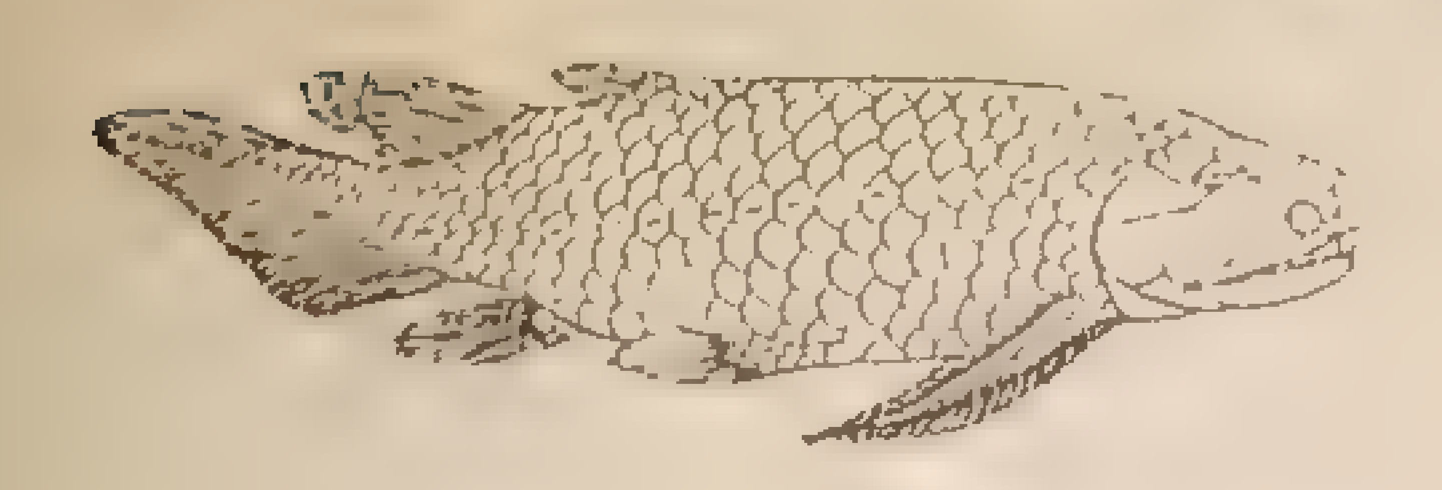


Рис. 18. Диптерус

Рис. 19. Голоптихиус

сохраняются преимущественно зубы. К хрящевым рыбам относятся акулы, скаты и химеры.

Хрящевые рыбы появились в среднем девоне, настоящие акулы — в карбоне, скаты — в юре. Рыбы, относящиеся к классу костных рыб, имеют костный внутренний скелет. Тело покрыто чешуей.

Костные рыбы появились, по-видимому, в позднем силуре, к концу палеозоя заняли господствующее положение. В девоне распадаются на кистеперых, двоякодышащих и лучеперых. Наибольшее геологическое значение имеют двоякодышащие и кистеперые рыбы. К лучеперым относится подавляющее большинство современных морских и пресноводных рыб.

Двоякодышащие рыбы имеют хрящевой скелет, и у них в течение всей жизни сохраняется хорда, есть жабры и легкие. К ним относится диптерус (рис. 18). Двоякодышащие рыбы, очевидно, произошли от кистеперых. Двоякодышащие рыбы живут с девона до нашего времени (в южноафриканских и австралийских пресноводных водоемах).

Тело кистеперых рыб покрыто крупными, толстыми, округлыми чешуями, налегающими друг на друга. Кистеперые рыбы имеют парные плавники, которые служат для опоры о дно и представляют собой мускулистые лопасти, а также внутренние носовые отверстия. Кистеперые рыбы известны с раннего девона до настоящего времени. Были самыми многочисленными из костных рыб в среднем и позднем девоне. Они обитали в пресноводных и морских бассейнах. В основном кистеперые рыбы вымерли в перми. Сохранился до наших дней один род — латимерия. Девонский представитель: голоптихиус (рис. 19).

Надкласс Четвероногие

К этому надклассу относятся классы: земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. Четвероногие в основном наземные животные. Они появились в позднем девоне. Произошли от древних кистеперых рыб.

Класс Земноводные

Земноводные — первые наземные позвоночные, у которых развитие и размножение связано с водной средой. Широкое распространение получили в карбоне и перми. С позднего девона до начала юры жили панцирноголовые земноводные — стегоцефалы, которые обитали в заболоченных лесах. Они внешне напоминали крокодилов, ящериц, реже змей. В конце перми стегоцефалы вымерли. Наибольшее распространение получил подкласс лабиринтодонтов, просуществовавший до конца триаса. В среднем и позднем триасе жил мастодонзавр. В юре появляются бесхвостые амфибии, которые дожили до наших дней.

Класс Пресмыкающиеся

Пресмыкающиеся известны с раннего карбона, к позднему карбону и ранней перми достигают большого разнообразия, расселяются в глубь суши (земноводные заселяли только прибрежную часть водоемов), в мезозое занимают господствующее положение. К концу мезозоя основная масса пресмыкающихся вымирает. Пресмыкающиеся частично сохранились до нашего времени. Это гаттерии, ящерицы, змеи, хамелеоны, крокодилы и черепахи.

Пресмыкающиеся подразделяются на 6 подклассов: котилозавров, завроптеригий, ихтиоптеригий, лепидозавров, архозавров и зверообразных.

Котилозавры — наиболее примитивные палеозойские пресмыкающиеся. От котилозавров произошли все остальные группы пресмыкающихся. От них отделились в перми черепахи. В конце карбона от котилозавров отделились зверообразные, от которых в дальнейшем произошли млекопитающие.

Котилозавры появились в позднем карбоне, достигли большого разнообразия в перми, в начале триаса вымерли. К ним относится парейазавр. Коротконогие, неуклюжие травоядные парейазавры внешне напоминали лягушек, но имели более крупные размеры, передвигались медленно, переваливаясь с ноги на ногу.

Завроптеригии — морские пресмыкающиеся. К ним относится плезиозавр. Завроптеригии появились в триасе, достигли расцвета в юре и в раннем мелу, в конце мела полностью вымерли.

Ихтиоптеригии — морские пресмыкающиеся. К ним относится ихтиозавр (рис. 20). Ихтиоптеригии появились в триасе, достигли расцвета в юре, вымерли в первую половину мела.

К лепидозаврам, или чешуйчатым ящерам, относятся ныне про-

цветающие ящерицы, змеи, хамелеоны, гаттерии и вымершие морские ящерицы — мозозавры. Гаттерии появились в триасе, дожили до наших дней. Ящерицы известны с конца юрского периода. В начале мела возникли мозозавры, которые вымерли в конце мелового периода. В конце мела от ящериц отделились змеи.

Архозавры — пресмыкающиеся, получившие наибольшее развитие в мезозое. Появились они в начале триаса. Наиболее древними архозаврами являются текодонты, от которых произошли наземные динозавры, воздушные крылатые ящеры птерозавры (и водные крокодилы). Динозавры и крылатые ящеры вымерли в конце мезозоя.

Динозавры делятся на два отряда: ящеротазовые и птицетазовые.

Ящеротазовые — в большинстве двуногие хищные формы (звероногие динозавры). Передние конечности были сильно уменьшены. Ящероногие динозавры передвигались на обеих парах конечностей, достигавших почти равной длины. Они были самыми крупными из всех известных животных, когда-либо населявших Землю (высотой более 25 м). Каждый из них весил около 30 т. Ящеротазовые и звероногие появляются в триасе, достигают расцвета в юре и раннем мелу, в конце мела вымирают.

Птицетазовые динозавры — исключительно растительноядные пресмыкающиеся. Появляются они в юрский период, в меловом периоде делятся на четыре основные группы: птиценогих динозавров, стегозавров, панцирных динозавров и рогатых динозавров.



Рис. 20. Ихтиозавр охотится за гесперорнисами, в воздухе — рамфоринхусы



Рис. 21. Стегозавр

Все они полностью вымерли в конце мелового периода. К птиценогим динозаврам относятся игуанодон, известный из раннего мела, и утконосый динозавр, распространенный в позднем мелу.

Стегозавры имели большое туловище, маленькую голову и крупный хвост (рис. 21). Появились они в юрском периоде и вымерли в раннем мелу.

Панцирные динозавры — низконогие животные, тело которых покрыто на спине массивным сплошным панцирем. Они получили распространение в раннем и позднем мелу.

Рогатые динозавры, или цератопсы, — большие, грузные рептилии. Внешне они напоминали носорогов. К ним относится трицератопс (рис. 22). Известны из позднего мела.

Крылатые ящеры, или птерозавры, — архозавры, завоевавшие воздушную среду. Они известны из отложений юры и мела. В юре жили рамфоринхи, в мелу — птеродактили, птеронодоны. Рамфоринхус имел короткое тело (длиной около 45 см), узкие длинные крылья. Длинный хвост заканчивался балансиром — расширенной кожистой лопастью. Птеродактиль размером был не более воробья, имел сильно укороченный хвост, обладал острыми зубами.

Крокодилы — реликты мезозойских архозавров — появляются в позднем триасе, из юры и позднего мела известны морские крокодилы. Современные крокодилы живут в опресненных водоемах.

Звероподобные — вымершие четвероногие рептилии, возникшие в конце каменноугольного периода, получившие широкое распространение в пермском периоде и вымершие в конце триаса, дав начало млекопитающим. Они в основном были хищными. Они делятся на два отряда: пеликозавров и терапсидных.

Пеликозавры — наиболее примитивные формы, имеющие много общего с котилозаврами. Они известны с позднего карбона до поздней перми. К ним относится диметродон, живший в раннюю пермь.

Терапсидные — хищные пресмыкающиеся. Они распространились с конца ранней перми до раннего триаса. К ним относится иностранцевия, жившая в ранней перми.



Рис. 22. Трицератопс

Иностранцевии — первые крупные хищные пресмыкающиеся — были подвижными и гибкими. Они своими саблевидными клыками прокалывали толстую кожу парейазавров, на которых охотились и которыми питались.

Класс Птицы

Птицы — позвоночные, приспособившиеся к жизни в воздухе. Птицы делятся на три подкласса: ящерохвостые, или древние, зубастые и новые.

Ящерохвостые жили в юру (археоптерикс, рис. 23). Археоптерикс был величиной с голубя, но имел острые, хищные зубы. Тело



Рис. 23. Археоптерикс

его было покрыто перьями, клюв отсутствовал, крылья он имел короткие с тремя подвижными пальцами, заканчивающимися когтями, хвост очень длинный.

Для мелового периода характерны зубастые птицы (ихтиорнис, гесперорнис). В конце мела появились беззубые птицы, которые широко представлены сейчас.

Класс Млекопитающие

Млекопитающие — высший класс позвоночных. Появились они в конце триаса, в кайнозое заняли господствующее положение. Млекопитающие имеют значение для определения возраста континентальных кайнозойских отложений.

Класс млекопитающих делится на три подкласса: первозвери, низшие звери и высшие звери, или плацентарные.

К первозверям относятся однопроходные (утконос, ехидна). К низшим зверям относятся сумчатые (кенгуру). Первые сумчатые известны с позднего мела. Плацентарные — высшие млекопитающие, рождающие вполне развитых детенышей.

Через плаценту, или детское место, кровь зародыша получает из материнской крови питательные вещества и кислород, а отдает углекислоту и другие продукты обмена. К классу высших зверей относится подавляющее большинство современных млекопитающих.

Первозвери известны из пермских отложений, низшие звери — из верхнемеловых отложений, в начале кайнозоя они получили широкое распространение, к середине кайнозоя их стали вытеснять плацентарные. Сейчас сумчатые сохранились в Австралии, Южной и Центральной Америке. Высшие звери получили развитие со второй половины кайнозоя.

Отряд насекомоядных — наиболее примитивный древнейший отряд плацентарных млекопитающих. Он возник в позднем мелу. От них произошли все остальные отряды плацентарных. В настоящее время они представлены ежами, кротами, землеройками.

Отряд хоботных известен с середины палеогена. Раньше представители их не имели хобота. К ним относятся мастодонты, слоны, мамонты (рис. 24). В неогене господствуют мастодонты. В конце неогена появляются дожившие до наших дней слоны, которые произошли от мастодонтов. Мамонт жил в ледниковое время.

К отряду приматов относятся полуобезьяны (лемуры), долгопяты, обезьяны и человек.

Приматы известны с раннего палеогена. В раннем палеогене обособились две группы: лемуроподобные и долгопятовые, обезьяны появились в среднем палеогене.

Отряд грызунов известен с палеогена.

Первые древние хищники, или креодонты, появились в раннем палеогене и существовали до раннего неогена. Представитель: махайрод. В конце среднего палеогена от них возникли хищники.

Древние копытные, или кондилиартра, развиваются от меловых насекомоядных. Они, вероятно, дали начало двум ветвям копытных:



Рис. 24. Мамонт

непарнокопытным (непарнопалым) и парнокопытным (парнопалым). Первые непарнокопытные в начале палеогена дали начало двум основным ветвям: лошадиным и носорогообразным.

Лошадиные появились в среднем палеогене и дожили до нашего времени. В конце неогена исчезают последние древние лошади (гиппарионы) и появляется настоящая однопалая лошадь.

Носорогообразные известны со среднего палеогена. Представитель: безрогий гигантский носорог индрикотерий, живший в конце палеогена — начале неогена. Настоящие носороги распространены со среднего палеогена до нашего времени, особенно в позднем палеогене — раннем неогене. В антропогене жил шерстистый носорог.

Парнокопытные появились в среднем палеогене и разделились на три ветви: свинообразных, мозоленогих (верблюды) и жвачных (олени, жирафы, антилопы, быки, овцы).

Настоящие свиньи появились в позднем палеогене, мозоленогие и жвачные известны со среднего палеогена.

ИСКОПАЕМЫЕ РАСТЕНИЯ

Низшие растения

Низшие растения — одноклеточные или многоклеточные организмы, клетки которых не собраны в ткани — группы клеток, выполняющих определенную функцию. Низшие растения обычно называются слоевищными (слоевищем называется тело, не имеющее деления на ткани). Тело низших растений не дифференцировано на корень, стебель, лист. К ним относятся бактерии, водоросли. Они известны с архея. Водоросли — исключительно водные, преимущественно морские, реже пресноводные растительные организмы. Геологическое значение имеют сине-зеленые и диатомовые водоросли.

Сине-зеленые водоросли — хорошие породообразователи — они

создали толщи известняков. В ископаемом состоянии образуют строматолиты — различной формы известковые образования, прикрепленные ко дну, и онколиты — неприкрепленные округлые тела. В ордовикском периоде сине-зеленые водоросли приняли участие в образовании горючих сланцев Прибалтики. Они входят в состав сапропелей, образуемых на дне современных озер.

Диатомовые водоросли выделяют кремнистую скорлупу, состоящую из гидрата окиси кремния. Эти водоросли приняли участие в образовании диатомита. Диатомовые водоросли известны с юрского периода и до настоящего времени, особенно широкое распространение получили с мелового периода; многочисленны среди отложений палеогена.

Высшие растения

К высшим растениям относятся более сложно устроенные многоклеточные растения. У них имеются ткани, представляющие собой группы клеток, выполняющих различные функции. Большинство из них живет на суше, и лишь незначительная часть приспособилась к жизни в воде. У высших растений различают стебель, листья и корень.

Высшие растения делятся на типы: риниевые (псилофитовидные), моховидные, плауновидные, членистостебельные и папоротниковидные.

Тип Риниевые[1]

Риниевые — древнейшие на Земле споровые растения травянистого или мелкодревовидного облика, состоящие из стебля с ползучим корневищем (без листьев и настоящих корней). Риниевые — наиболее примитивные среди высших растений.

Риниевые появились в силуре, широкое распространение получили в раннем и среднем девоне и в конце девона их не осталось. Представитель: риния.

Тип Моховидные

Моховидные — высшие растения (иногда относятся к низшим). Это мелкие травянистые наземные растения, не имеющие корней. Характеризуются относительно простым строением. У некоторых из них нет дифференциации на стебель и листья, у некоторых есть. В ископаемом виде сохраняются редко. Известны с девона.

Тип Плауновидные

Плауновидные в основном древесные (палеозойские, особенно каменноугольный и пермский периоды), реже травянистые (современные и молодые ископаемые) споровые растения. Древовидные

[1] Название риниевые предложено недавно и является более правильным, чем псилофитовидные.

плауновидные имели прямой высокий (до 35—40 м) и широкий (до 2 м в поперечнике) ствол. Бóльшую часть ствола составляла кора, внутренняя часть приходилась на древесину и сердцевину. В верхней части ствола была густая крона. Ствол разветвлялся у основания и образовывал подземные ветви (стигмарии). Настоящих корней не было. Функции корней выполняла подземная часть стебля с тонкими корневыми волосками. Ствол и ветви покрывались узкими и вытянутыми листьями, прилегающими рядами друг к другу. На поверхности коры наблюдаются листовые подушки — возвышения, к которым прикреплялись листья. Листовые подушки имеют большей частью ромбическую, веретеновидную форму.

Первые плауновидные известны с силура. Древние плауновидные приняли участие в угленакоплении позднего палеозоя (карбон, пермь). До настоящего времени сохранились плауны — травянистые формы. Представители: лепидодендрон — C_1 — P_1, сигиллярия — C_1—P_1.

Тип Папоротниковидные

Папоротниковидные — наиболее распространенные на Земле растения.

Папоротниковидные произошли от ринневых. Известны с девона. Папоротниковидные подразделяются на три класса: бессеменные, голосеменные и покрытосеменные. Бессеменные, или папоротники, — наиболее примитивный класс из типа папоротниковидных. Это споровые древовидные или травянистые растения. Древовидные папоротники имели на верхушках крону веерообразных листьев. В этом отношении они напоминали современные пальмы. Древовидные папоротники особенно характерны для каменноугольного и пермского периодов. Они играли важную роль в углеобразовании в позднем палеозое.

Голосеменные размножаются семенами. Они занимают промежуточное положение между бессеменными и покрытосеменными.

Голосеменные — древесные растения (деревья или кустарники). Они появились в девоне, широкое распространение получили в позднем палеозое, в мезозое заняли господствующее положение. Живут они и сейчас. К голосеменным относятся гинкговые, хвойные и другие группы растений. Покрытосеменные, или цветковые, — самый высокоорганизованный класс растений. Покрытосеменные отличаются от голосеменных наличием цветка. К ним относятся деревья, кустарники и травы.

Первые покрытосеменные появились в начале мелового периода. Особенно широкое распространение получили со второй половины мела и господствуют в растительном мире в течение всего кайнозоя. Необычайного расцвета достигли в современную эпоху. К покрытосеменным относятся тополь, береза, каштан, бук, дуб, фикус, магнолия, лавр, виноград, картофель, капуста, морковь и др.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОШЛОЕ ЗЕМЛИ

КАК ВОССТАНАВЛИВАЮТ ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ ИСТОРИЮ ЗЕМЛИ

Земля с момента образования и до наших дней в процессе своего развития претерпела значительные и сложные изменения. В геологической истории ее можно выделить периоды относительно спокойные, когда не было сильно выраженных горообразовательных процессов, и периоды бурного проявления внутренних сил Земли — периоды горообразований. В связи с этим менялось распределение суши и моря, менялись климатические особенности отдельных участков земного шара, менялся органический мир, как растительный, так и животный.

Геология восстанавливает историю развития и формирования Земли, земной коры и жизни на ней по горным породам и окаменелым остаткам различных животных и растительных организмов.

Каждая горная порода образуется в определенных физико-химических и физико-географических условиях. Условия образования накладывают на них определенный отпечаток. *Фацией* называются особенности минерального состава пород, их строения, органические остатки, сохранившиеся в них, по которым можно узнать условия их образования.

Фации бывают: морские, лагунные и континентальные.

При изучении геологического прошлого Земли применяется метод сравнения древних отложений с современными. Изучая минералогический состав пород, их строение, характер залегания, окаменелые остатки животных и растений, сохранившиеся в них, и сравнивая по этим особенностям древние породы с современными осадками, можно восстановить геологическое прошлое земной коры, узнать, в каких условиях они образовались.

Изучая древние породы, можно выяснить, где они образовались — на суше или на дне моря. Морские отложения можно видеть в обнажениях карьеров, в обрывах берегов морей, озер, рек. Морские отложения содержат остатки бывших обитателей морей.

В континентальных образованиях встречаются остатки обитателей суши. Залежи каменного угля с несомненностью говорят о континентальных условиях их образования, потому что ископаемый уголь образовался из наземных растений. Речные и ледни-

ковые отложения указывают на существование суши в моменты их образования.

Можно судить и о глубинах древних морей. Современные рифообразующие кораллы живут в мелководной части моря. Если в толщах осадочных пород встречаются кораллы, можно сделать вывод, во-первых, что здесь было море (кораллы живут только в морях), и, во-вторых, что оно было мелководным.

Можно ли определить климатические условия в тот или иной период геологического прошлого? Да, можно. На низкую температуру воды указывают диатомовые водоросли, которые живут в холодных морях. Кораллы-рифостроители, наоборот, живут только в теплых тропических морях. Если в современных полярных районах, где растительность скудная, встречаются мощные залежи ископаемого угля, образование которого обязано большому скоплению растительных остатков, то можно с уверенностью сказать, что на этой территории в далекие времена был более теплый климат, который способствовал пышному развитию наземной растительности. Окаменелые стволы деревьев с годичными кольцами в древесине типичны для умеренного климата, стволы без годичных колец — для тропического климата. Об изменениях климата на разных широтах в прошлые геологические эпохи свидетельствуют многие явления. Например, в современной жаркой Африке встречаются валуны, в свое время перенесенные и отложенные ледниками, — значит, там был холодный климат. Месторождение каменной соли говорит о том, что в этом районе когда-то был сухой жаркий климат и происходило интенсивное испарение воды, что привело к осаждению соли в озерах и лагунах.

О климатических особенностях геологического прошлого можно судить и по пыльце различных растений. Так, например, на теплый климат указывает пыльца финика, на холодный — пихты, на повышенную влажность — ясеня.

Ученые открыли способ измерения температуры воды древних, исчезнувших морей. Геологическим термометром, с помощью которого это осуществляется, является минерал кальцит, содержащийся в раковинах и скелетах вымерших морских животных. Содержание тяжелого изотопа кислорода в нем зависит от температуры воды, в которой обитало животное. Изотопный термометр определяет температуру с точностью до одного градуса.

Для определения температуры могут быть использованы глины. Так, глинистый минерал галлуазит при температуре 50 °С разрушается. Следовательно, слои, содержащие этот минерал, образовались при температуре не выше 50 °С. Из других глинистых минералов, например, каолинит распадается при 500 °С, монтмориллонит — при 725 °С.

Для изучения тектонических движений используется связь рельефа и тектонических движений: где активно проявляются тектонические поднятия, возникают горы (Кавказ и др.), где опускания — глубоководные впадины (район Курильских островов

др.). В областях ослабленных поднятий создается равнинный рельеф (Восточно-Европейская равнина); ослабленных опусканий — заболоченные низменности с мощным чехлом молодых отложений (Западно-Сибирская равнина). Частое изменение пород разного состава и различных условий их образования указывает на контрастность тектонических движений; выдержанные состав и строение — на устойчивость тектонического режима. На участках ускоренного прогибания наблюдаются осадки большой мощности; на участках замедленного прогибания — меньшей.

Анализируя перерывы и несогласия в залегании горных пород, можно установить характер тектонических движений. Интервал перерыва в осадконакоплении соответствует времени проявления тектонических поднятий. Угловое несогласие указывает на проявление складкообразовательных движений.

Анализ фациальных особенностей (условий образования) горных пород дает возможность судить о наступлении (морские отложения) или отступлении (континентальные отложения) моря. Распространение определенных формаций (осадочные, магматические, метаморфические) обусловлено тектоническими процессами.

Изучая слои горных пород, геологи составляют карты размещения древних материков, морей, рек, озер, болот для отдельных периодов и эпох. Такие карты получили название *палеогеографических*.

Изучая древние отложения, геологи стремятся восстановить географию далекого прошлого Земли, выяснить очертания континентов и морей, определить, где возвышались горные хребты, где текли реки, где находились озера, болота, где земная поверхность была покрыта ледниками. Эти знания помогают изучать условия образования полезных ископаемых.

КАК ОПРЕДЕЛЯЮТ ВОЗРАСТ ГОРНЫХ ПОРОД

Одна из главных задач геологических исследований — это определение возраста горных пород, слагающих земную кору. Различают абсолютный и относительный их возраст.

Абсолютный геологический возраст — это время, протекшее от какого-либо геологического события до современной эпохи, исчисляемое в абсолютных единицах времени (в миллиардах, миллионах, тысячах и так далее лет).

Существует несколько методов определения абсолютного возраста горных пород.

Радиологические методы — самые точные методы определения абсолютного возраста горных пород. Они основаны на использовании радиоактивного распада изотопов урана, радия, калия и других радиоактивных элементов. Скорость радиоактивного распада постоянна и не зависит от внешних условий. Можно сказать, что радиоактивные элементы представляют самые точные геологические часы. Насколько радиоактивный процесс является постоян-

ным, можно видеть из такого примера. Атомные часы, разработанные советскими специалистами, отличаются высокой точностью: ошибка в отсчете времени составляет 1 с за 30 000 лет.

Конечными продуктами распада урана являются гелий и свинец Pb_{206}. Из 100 г урана за 74 млн. лет образуется 1 г (1%) свинца. Если определить количество свинца (в процентах) в массе урана, то умножением на 74 млн. получают возраст минерала, а по нему и время существования геологического пласта.

В последнее время стали применять новый метод, который получил название калиевого или аргонового. В этом случае используется изотоп калия с атомной массой 40. Калиевый метод имеет то преимущество, что калий широко распространен в природе. В процессе распада калия образуются кальций и газ аргон.

Применяется радиоуглеродный метод, основанный на способности углерода под действием космических лучей становиться радиоактивным и распадаться. Космические лучи, проходя через атмосферу, взаимодействуют с атомами азота и превращают их в атомы космогенного углерода, отличающегося от обычного массой и свойствами. Он со временем распадается, вновь превращается в азот.

Живой организм усваивает радиоактивный углерод вместе с обычным углеродом в строго определенной пропорции. Пока организм живет, он накапливает радиоактивный углерод. После смерти это усвоение прекращается и радиоактивный углерод начинает убывать с постоянной скоростью. По оставшемуся соотношению количества радиоактивного и нерадиоактивного углерода в растениях, костях животных и человека можно определить время, прошедшее после прекращения жизни.

Относительная геохронология определяет, какая из сравниваемых пород образовалась раньше, какая — позже. Относительная геохронология в основном применяется для определения возраста осадочных напластований. В геологии наибольшее значение имеет относительная хронология. Существуют два метода определения относительного возраста горных пород: стратиграфический и палеонтологический.

Стратиграфический метод основан на анализе напластований осадочных пород и определения последовательности их образования. Пласты, лежащие внизу, древнее, наверху — моложе. Этим методом устанавливается относительный возраст горных пород в определенном геологическом разрезе на небольших участках.

Палеонтологический метод заключается в изучении окаменелых остатков органического мира.

Органический мир в ходе геологической истории претерпевал значительные изменения. Изучение осадочных пород в вертикальном разрезе земной коры показало, что определенному комплексу слоев соответствует определенный комплекс растительных и животных организмов. Таким образом, окаменелости растительного и животного происхождения можно использовать для определения возраста горных пород.

Для определения геологического возраста имеют значение не все организмы, а только так называемые руководящие.

Решающий фактор в отборе окаменелостей — их изменчивость во времени. Руководящие окаменелости должны иметь небольшое вертикальное и широкое горизонтальное распространение, а также хорошую сохранность.

В каждый геологический период руководящими были определенные группы животных и растений. Окаменелые остатки их встречаются в отложениях соответствующего возраста. В древних пластах земной коры обнаруживаются остатки примитивных организмов, в более молодых — высокоорганизованных. Развитие органического мира происходило по восходящей линии: от простых организмов к сложным. Чем ближе к нашему времени, тем больше сходства с современным органическим миром.

Палеонтологический метод — наиболее точный и широко применяемый.

На основании стратиграфического и палеонтологического методов построена стратиграфическая шкала, в которой горные породы, слагающие земную кору, расположены в определенной последовательности в соответствии с их относительным возрастом. В этой шкале выделены группы, системы, отделы, ярусы. На основе стратиграфической шкалы разработана геохронологическая таблица, в которой время образования групп, систем, отделов и ярусов называется эрой, периодом, эпохой, веком.

Вся геологическая история Земли разделена на 5 эр: архейскую, протерозойскую, палеозойскую, мезозойскую, кайнозойскую. Каждая эра разделена на периоды, периоды — на эпохи, эпохи — на века.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД И ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В магматических породах окаменелостей нет. Палеонтологический метод для определения их возраста непосредственно неприменим. При определении возраста интрузивных пород обращается внимание на осадочные породы, вмещающие их. Магматическая порода, внедрившаяся в толщу осадочных пород, моложе последних. При определении возраста излившихся магматических пород палеонтологическим методом определяется возраст подстилающей и прикрывающей толщ осадочных пород. При определении возраста магматических пород и жильных образований исходят из принципа: прорванные породы более древние по отношению к прорывающим.

ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЕ И ПЛАТФОРМЕННЫЕ ОБЛАСТИ

Земная кора неоднородная. В ней выделяют платформенные и геосинклинальные области, которые существенно отличаются друг от друга по рельефу поверхности, тектонике, формациям горных

пород, их мощности, комплексу полезных ископаемых и т. д.

Геосинклинальными областями называются подвижные участки земной коры, в пределах которых глубинные процессы проявляются весьма интенсивно. Платформы менее подвижны, испытывают меньшее воздействие внутренних сил Земли, это более устойчивые участки земной коры.

Геосинклинальные области имеют сложное строение, они состоят из одновременно опускающихся (геосинклинали) и поднимающихся (геоантиклинали) зон.

Различают три типа геосинклинальных областей: окраинно-материковые (Восточно-Азиатская геосинклинальная область), межматериковые (Альпийско-Гималайская геосинклинальная область) и межокеанические (Индонезийская геосинклинальная область).

Выделяют три главных этапа в развитии геосинклинальной области: ранний — этап заложения, средний (главный) — этап складкообразования и поздний — этап горообразования.

Ранний этап характеризуется прогибом геосинклинали, сопровождающимся образованием глубинных разломов в земной коре, что приводит к подводному излиянию лав. В процессе развития геосинклинальной области возникают крупные дизъюнктивные нарушения — глубинные разломы, протягивающиеся на сотни и даже тысячи километров, в глубину доходящие в некоторых случаях до мантии. Они обычно располагаются на границах геосинклинальной и платформенной областей и на границах геосинклиналей и геоантиклиналей. В эту стадию геосинклинальная область в большинстве случаев является морским бассейном, характеризующимся наличием многочисленных подводных островов, архипелагов и подводных поднятий, образующих отмели, много островов вулканического происхождения, много действующих вулканов. Одним словом, это море со сложным рельефом дна. На дне геосинклинали накапливаются мощные толщи осадочных пород, чередующихся с эффузивным материалом. Образуются полезные ископаемые осадочного и вулканического происхождения. Наиболее характерны для геосинклиналей кремнистые породы, яшмы.

Вторая стадия характеризуется проявлением складчатых движений. В эту стадию складчатости происходят процессы интенсивного образования складок в течение сравнительно короткого промежутка времени и геосинклинальная область превращается в складчатую зону. Под действием тектонических сил горные породы сдавливаются, собираются в складки, метаморфизуются. Складкообразование приводит к внедрению магмы в толщу земной коры, происходит образование полезных ископаемых глубинного происхождения, связанных генетически с охлаждающимися интрузиями: минералов и горных пород магматического происхождения, пегматитовых и гидротермальных жил, пневматолитовых образований. Вокруг магматического очага возникает зона оруденения. Внедрившаяся магма вызывает метаморфические изменения пород, соприкасающихся с ней.

В позднюю, завершающую стадию образуются горы, осво-
бождая эту область от водного покрова. В земной коре возни-
кают глубокие разломы. Огромные блоки либо поднимаются, либо
опускаются относительно друг друга, формируя горный рельеф.
По образовавшимся тектоническим трещинам магма поднимается
на поверхность Земли и изливается в виде лавы. Эта стадия ха-
рактеризуется проявлением наземного вулканизма. Геосинклиналь-
ные области объединяются в геосинклинальные пояса.

Платформы — крупные, относительно устойчивые участки зем-
ной коры, имеющие в поперечнике тысячи километров. Платформы
образуются на месте геосинклинальных областей в результате кон-
солидации земной коры в их пределах и снижения тектонической
активности. Для платформы типично двухъярусное строение: склад-
чатый фундамент, состоящий в основном из магматических и мета-
морфических пород, и осадочные толщи, лежащие на нем горизон-
тально или образующие платформенные складки.

Нижний ярус платформы формируется в условиях геосинкли-
нального тектонического режима. Верхний ярус возникает в ус-
ловиях платформенного тектонического режима. Время форми-
рования складчатого фундамента определяет возраст платформы.
Различают платформы древние (архейскопротерозойские) и моло-
дые (палеозойские, мезозойские, кайнозойские).

В отдельных частях платформ кристаллический фундамент
может выходить на поверхность. Участки платформы, где глу-
бинные породы не прикрыты осадочным чехлом, называются *щита-
ми*. Примером может служить Балтийский щит, находящийся в
северо-западной части Восточно-Европейской платформы. В от-
личие от щитов участки платформы, где породы фундамента при-
крыты толщей осадочных пород, называются *плитами*, например
Русская плита в пределах Восточно-Европейской платформы. Щи-
ты имеют устойчивую тенденцию к длительным поднятиям, плиты —
устойчивую тенденцию к длительным опусканиям.

В пределах плиты выделяют участки повышенного залегания
фундамента — *антеклизы*, или *подземные выступы*, и опущенные
участки — *синеклизы*, или *подземные впадины*.

Форма рельефа на платформах равнинная. На платформах
развиты преимущественно осадочные породы (в верхнем ярусе).

В передовых (краевых, предгорных) прогибах, представляющих
зоны перехода от платформы к горным сооружениям геосинклиналь-
ных областей, накапливаются нефтеносные, газоносные, соленосные,
гипсоносные, угленосные и другие формации. В этой зоне происходит
активное прогибание, поэтому мощность отложений, как и геосинк-
линальных формаций, очень велика. Отличаются от последних тем,
что не содержат магматических пород.

Земная кора развивалась в направлении от океанического
(догеосинклинального) состояния, через геосинклинальное разви-
тие к платформенному состоянию, что привело к формированию
континентов в их современном виде.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

АРХЕЙСКАЯ ЭРА

Время, прошедшее с момента образования Земли, разделяется на две стадии: догеологическую и геологическую. Догеологическое время — время формирования Земли как планеты. На рубеже 4 млрд. лет происходило отвердение земной коры. С этого момента начинается геологическая история.

Эра раннего существования земной коры характеризуется грандиозным развитием вулканических явлений на Земле. В эту стадию образовался наиболее древний элемент строения земной коры — базальтовый слой материков и дна Тихого океана. На ранней стадии существования Земли рельеф ее поверхности определялся в основном вулканическими процессами: основными элементами рельефа были лавовые плато, лавовые потоки, вулканические конусы, воронки взрыва. Благодаря высокой температуре земной поверхности гидросети еще не было, эрозионные процессы в то время еще не проявлялись. Вулканические формы рельефа подвергались лишь влиянию выветривания и гравитации. В первые моменты образования земная кора была еще очень тонкой, она легко проплавлялась и ломалась. Это — время грандиозных вулканических явлений: магма местами проплавляла земную кору на большой площади, в огромных массах лава изливалась на поверхность Земли, проникая по трещинам и разломам. В начальный этап геологической истории Земли не было ни платформ, ни геосинклинальных областей. Земная кора на этом этапе формировалась за счет площадных базальтовых излияний из верхней мантии. Земная кора была океанического типа.

В дальнейшем земная кора постепенно становится толще и прочнее. Для этого времени характерны обширные трещинные излияния лав. Эта стадия развития Земли получила название «лунной» эры. Всю эту картину сейчас можно наблюдать на поверхности Луны. На Луне, где нет атмосферы, базальтовый слой коры сохранился, как бы законсервировался.

В лунную эру на Земле существовала первичная, бескислородная атмосфера, которая отличалась от современной, азотнокисло-

родной атмосферы Земли. Первичную атмосферу образовывали газообразные продукты вулканической деятельности: она состояла из углекислоты, водяных паров, метана, аммиака, азота, водорода с примесью инертных газов (Ar, Kr, Xe, He) и так называемых кислых дымов, выделяемых вулканами (HF, HCl, H_2BO_3, H_2S и др.).

Бескислородная атмосфера не означает полного отсутствия кислорода. Может быть и небольшое содержание кислорода, но недостаточное для существования жизни и окислительных процессов, характерных для нашего времени (тогда не превышало 1% современного уровня). Первичная атмосфера, окружавшая Землю в первые периоды геологической истории, была восстановительной; сейчас эта атмосфера окислительная. В условиях бескислородной атмосферы преобладало физическое выветривание, в условиях кислородной атмосферы — химическое.

Лунная эра была непродолжительной — она началась с момента образования первичной земной коры и продолжалась до тех пор, пока поверхность Земли и нижние слои атмосферы не охладились до температуры ниже +100 °С и пока на Земле не возникла водная оболочка. Когда появились водные бассейны — моря, озера, появились водные потоки, началась геологическая деятельность поверхностных вод и накопление осадков на дне водоемов.

С момента появления водных потоков и водоемов усиливается роль экзогенных процессов в преобразовании форм земной поверхности, возвышенные участки интенсивно денудируются, а в понижениях накапливаются осадки. Интенсивному проявлению процессов выветривания, эоловых процессов и размыву рыхлых продуктов разрушения горных пород способствовало отсутствие растительного и почвенного покровов.

Во второй половине архея в атмосфере преобладала углекислота, но заметно возросла роль азота и кислорода. На дне водоемов накапливались не только продукты вулканических извержений и песчано-глинистые осадки, как было до этого, но и карбонатные илы ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$, $MnCO_3$), из которых образовались доломиты, известняки, сидериты.

Во второй половине архея формируются протогеосинклинали (предшественники геосинклиналей), которые заполняются осадками. В конце архея в результате проявления саамской складчатости формируются платформенные структуры (протоплатформы) — зачатки материков — земной коры континентального типа, разделенные геосинклинальными поясами.

Образовались следующие протоплатформы (предшественники платформ): Беломорский и Украинско-Воронежский массивы Восточно-Европейской платформы, почти вся Сибирская платформа, массивы озер Верхнего и Слейв Северо-Американской платформы, значительная часть Южно-Американской платформы, Южно-Африканская и восточная часть Северо-Американской платформы, южная оконечность Индийской платформы и Австралийская платформа.

Архейская эра — время появления жизни на Земле. Возникновение жизни — промежуток времени от образования планеты до появления первой клетки — принято называть химической эволюцией. Промежуток времени от появления первых живых клеток, первых одноклеточных организмов — водорослей, бактерий — до нашего времени выделяют под названием биологической эволюции.

Время химической эволюции делят на три этапа: 1) когда из химических элементов возникли аминокислоты, азотистые основания, сахара и другие блоки, из которых могут строиться большие биологические молекулы; 2) когда из этих блоков возникли большие молекулы, предшественники современных белков и нуклеиновых кислот; 3) когда на основе больших молекул возникли строго организованные простейшие живые структуры, способные к самовоспроизведению.

Согласно теории происхождения жизни, разработанной академиком А. И. Опариным, намечаются три стадии эволюции органических соединений, приведшие к возникновению жизни на Земле: *а*) возникновение наиболее примитивных органических соединений — углерода с кислородом, водородом, азотом; *б*) дальнейшее усложнение этих соединений путем полимеризации и конденсации органических веществ в морях; *в*) объединение высокополимерных органических веществ в надмолекулярные комплексы, способные к обмену веществ, к осуществлению жизненных функций, самосохранению и самовоспроизведению. Самозарождение жизни могло происходить лишь в первичной, бескислородной атмосфере, обладавшей восстановительными свойствами.

В результате длительного процесса химической эволюции в морях и океанах появились первые белковоподобные и другие органические вещества — образовались простейшие белковые сгустки, обладавшие свойствами живого вещества. Сначала возникли простейшие живые существа (клетки), которые питались органическими соединениями из первичных углеводородов. Затем возникли простейшие организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганической среды — из углекислоты и воды. Основой для возникновения жизни на нашей планете послужили органические углеродистые соединения. Колыбелью жизни был океан, где из неживой возникла живая материя.

В раннем архее существовали бактерии, сине-зеленые водоросли и грибы. Во второй половине архея появляются первые зеленые растения. С этого момента начинается выделение кислорода в процессе фотосинтеза, что является переломным моментом в преобразовании земной атмосферы в кислородную.

Органическая жизнь в архейскую эру была представлена преимущественно микроскопическими формами, среди которых преобладали бактерии и водоросли.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Садил Й., Пешек Л. Планета Земля. Прага, 1968.
Конан Дойль А. Затерянный мир. М., Госгеолиздат, 1956.
Августа И., Буриан З. По путям развития жизни. Прага, 1959.
Опарин А. И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М., Наука, 1968.

ПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ЭРА

Протерозойская эра делится на три части: ранний протерозой, средний протерозой, поздний протерозой, или рифей.

В ранний и средний протерозой закладываются и развиваются настоящие геосинклинальные прогибы, в которых накапливаются мощные осадки: Карельский, Кольский, Гудзонский, Сатпурский, Внутриафриканский, Бразильский и др. В конце среднего протерозоя проявилась карельская складчатость, которая превратила эти геосинклинальные пояса в складчатые системы (за исключением Внутриафриканского и Бразильского) и спаяла разобщенные архейские массивы. Ранний и средний протерозой — этап формирования фундамента древних платформ. В позднем протерозое формируется осадочный чехол древних платформ. В конце протерозоя в результате проявления байкальской складчатости образовались новые площади с корой материкового типа — *байкалиды*. В начале кембрия проявилась заключительная, горообразовательная фаза этой складчатости. Тиманские складчатые сооружения — байкалиды — расположены в северо-восточной части Восточно-Европейской платформы, Байкало-Енисейские (побережье озера Байкал, Патомское и Витимское нагорья, Восточный Саян, Енисейский кряж) окаймляют с запада и юго-запада Сибирскую платформу. К байкалидам также относятся полуострова Канин, Рыбачий и остров Кильдин. Байкалиды слагают фундамент Печорской низменности.

Байкальская складчатость в южном полушарии объединила архейские платформенные образования — возник единый материк — Гондвана. В состав Гондваны входили бóльшая часть современной Южной Америки, Африка, Мадагаскар, Австралия, часть Индостанского полуострова и бóльшая восточная часть Антарктиды. Закончили свое развитие Внутриафриканский и Бразильский пояса.

В ранний и средний протерозой состав атмосферы и гидросферы мало отличался от состава воздуха и воды в позднем архее. Бескислородная, первичная атмосфера существовала до конца среднего протерозоя. В начале позднего протерозоя атмосфера в значительной степени насыщена углекислотой, к концу этого времени она стала азотно-кислородной. Уменьшается содержание углекислоты и в воде океанов. Хлоридно-карбонатная по составу вода океанов становится хлоридно-карбонатно-сульфатной. Наряду с химическими осадками накапливаются и органические — водорослевые доломиты и известняки. Много кремнистых пород.

В Австралии, Северной Америке найдены древнейшие ледниковые морены, что указывает на достаточно ясную выраженность климатических поясов на Земле.

В протерозойскую эру к простейшим одноклеточным растениям присоединились многоклеточные водоросли. В отложениях конца рифея встречаются отпечатки бесскелетных форм животных: червеобразные, медузоподобные организмы, примитивные кораллы, голый трилобит. Следовательно, животные появляются в рифее. Эрами бесскелетной жизни были архейская и протерозойская.

Архейские и протерозойские отложения исключительно богаты железными рудами. В архейскую и протерозойскую эры образовалось около 93% железных руд от общих мировых запасов и только 7% приходится на остальное геологическое время. Железные руды докембрийского возраста содержатся в недрах всех древних платформ. На территории СССР находится крупнейшее в мире месторождение железной руды этого возраста — Курская магнитная аномалия. Крупными месторождениями являются также Криворожское (Украина), Ангаро-Питское (Восточная Сибирь), месторождения Карелии и Кольского полуострова. Среди протерозойских отложений много марганцевых руд, которые представляют химические осадки древних морей. Такой же древний возраст имеют коренные и россыпные месторождения золота в Ленском, Анабарском и Енисейском районах. В районе Верхнего озера (США) и в Катанге (Африка) в архей и протерозой образовались медные руды, в Канаде и в Африке — месторождения урана. Среди протерозойских пород встречается и графит. В Восточном Саяне, например, находится Ботогольское месторождение графита этого возраста. К многочисленным пегматитовым жилам, залегающим среди пород архейского и протерозойского возраста приурочены месторождения слюды, полевого шпата и кварца. Месторождения промышленного значения этих полезных ископаемых имеются в Карелии и в Восточном Саяне (Слюдянское, Бирюсинское). Горные породы архея и протерозоя — граниты, лабрадориты, кварциты, мраморы — прекрасный строительный материал.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Равич М. Г. Загадки Гондваны. М., Знание, 1972.

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРА

Палеозойская эра охватывает 6 периодов: кембрийский, ордовикский, силурийский — ранний палеозой — и девонский, каменноугольный и пермский — поздний палеозой.

КЕМБРИЙСКИЙ ПЕРИОД

В кембрийский период существовали в северном полушарии Северо-Американская, Восточно-Европейская, Сибирская, Китай-

ская и Таримская платформы, в южном полушарии — огромный материк Гондвана, который объединял современную Южную Америку, Африку, Индостан, Австралию и Восточную Антарктиду. Кроме того, сохранились и геосинклинальные области, существовавшие в конце протерозоя, для которых характерно геосинклинальное развитие. На начало кембрия приходится заключительный этап байкальской складчатости. Байкалиды представляли области складчатых горных сооружений. Существовал Тихий океан.

Для начала кембрия характерно господство континентального режима (рис. 25), а к концу его произошло постепенное расширение морских условий. Морской режим характерен для платформ северного полушария, в южном полушарии господствуют континентальные условия.

Накопление гипса и каменной соли в кембрий в Восточной Сибири указывает на наличие зоны с сухим климатом в этом районе.

Бóльшая часть территории СССР в кембрийский период находилась под водой. Сушей оставалась лишь европейская часть (Восточно-Европейская платформа), за исключением северо-западной части (Балтийская синеклиза), где также было море. В нем откладывался преимущественно обломочный материал (конгломераты, песчаники, пески, глины), в котором содержатся в изобилии трилобиты, брахиоподы раннекембрийского возраста (рис. 26). В центральных и северных частях Восточно-Европейской платформы имеются континентальные песчано-глинистые отложения. На востоке и юге кембрийские отложения отсутствуют. К

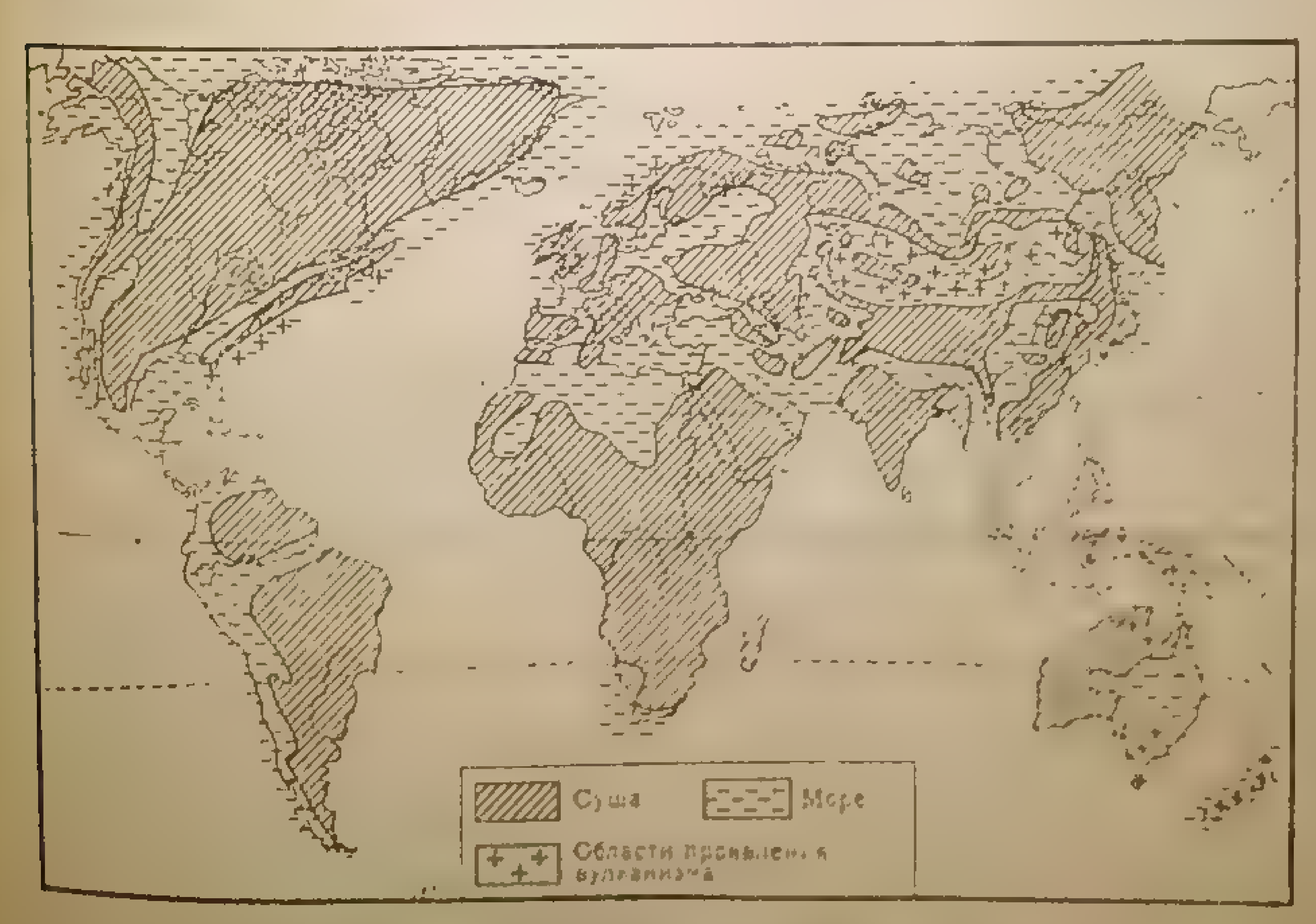


Рис. 23. Палеогеография раннекембрийской эпохи

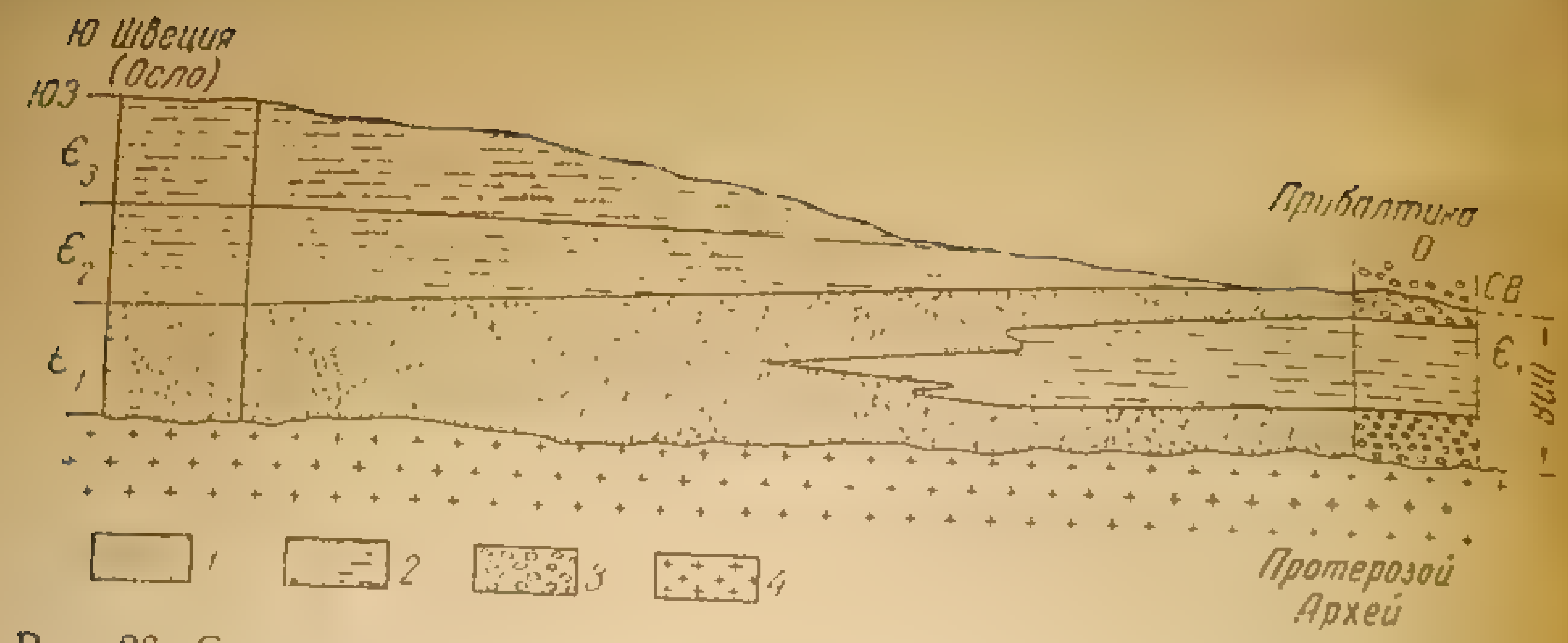


Рис. 26. Схематический разрез кембрийских отложений Прибалтики и Южной Швеции:

1 — пески; *2* — глина; *3* — конгломераты; *4* — гранит

северо-западной части Восточно-Европейской платформы приурочена нефть Прибалтики и Калининградской области. К северо-восточной части Восточно-Европейской платформы были причленены складчатые системы — тиманские байкалиды.

На территории Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области кембрийские отложения представлены песчано-глинистой толщей с прослоями известняков, содержащих морскую фауну беспозвоночных. Среди осадочных толщ залегают вулканические породы. В Казахстане известно месторождение фосфорита кембрийского возраста (Каратау).

Разрез кембрия Монголо-Охотской геосинклинальной области напоминает разрез кембрия Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области. Отличие заключается в том, что в Монголо-Охотской геосинклинальной области возрастает мощность осадков.

Кембрийские отложения на территории Сибирской платформы пользуются весьма широким распространением.

В северной и восточной частях платформы отложения кембрия представлены преимущественно известняками, мергелями, глинистыми породами, реже доломитами, песчаниками, среди которых местами встречаются горючие сланцы и битуминозные породы. В отложениях кембрия Сибирской платформы залегает нефть (Марковское месторождение). В южной и западной частях платформы (в среднем течении Лены и в районе Иркутска) кембрий сложен красноцветными и пестроцветными песчано-глинистыми и карбонатными (доломиты, известняки) отложениями, а также мергелями озерного и лагунного происхождения, содержащими каменную соль и гипс. Крупнейшим соляным месторождением является Усолье-Сибирское близ Иркутска.

К Сибирской платформе, западнее и южнее ее, были причленены байкальские складчатые системы Енисейского кряжа, Восточного Саяна, Забайкалья.

Органический мир кембрия по сравнению с протерозоем более

богат и разнообразен. С кембрия известны почти все типы беспозвоночных животных. Впервые появились скелетные образования животных (наружный и внутренний скелет).

В морях кембрия наиболее широко были распространены трилобиты, брахиоподы и археоциаты.

В морях кембрия также обитали губки, черви, начали развиваться головоногие, пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски, морские пузыри.

Задание.

Проанализируйте разрез кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы. Дайте ответы на следующие вопросы: 1. Сохранился ли полный разрез отложений этого возраста? 2. О чем говорит характер осадков — о наступлении или отступлении моря? 3. Каковы условия накопления осадков (морские, континентальные, лагунные)? 4. Какие окаменелости встречаются в отложениях? О чем это говорит? 5. Каков характер залегания пород и о чем это говорит? 6. Была ли в этот период складчатость? После отложения какого слоя она произошла? 7. Какие полезные ископаемые встречаются в отложениях? 8. По фациальным особенностям осадков определить климатические условия. В таком же плане проанализируйте геологические разрезы и по другим периодам.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Пудалов Ф. М. Лоцман Кембрийского моря. М., Детгиз, 1956.

ОРДОВИКСКИЙ ПЕРИОД

В ордовикский период в распределении платформ и геосинклинальных областей существенных изменений не произошло. Продолжалось расширение моря в северном полушарии, морская трансгрессия в палеозое достигла первого максимума. Гондвана по-прежнему остается сушей.

В ордовик сохранилась климатическая зональность, наметившаяся в кембрий. Ледниковые отложения ордовика Северной Африки и Южной Америки указывают на холодные климатические условия в этих районах.

Территория Советского Союза в основном осталась под водой. По-прежнему сушей была только европейская часть страны. Незначительная морская трансгрессия имела место в северо-западной (Прибалтика) и юго-западной (Приднестровье) частях Восточно-Европейской платформы.

В Прибалтике ордовик в основном сложен известняками (рис. 27), содержащими остатки морских животных (брахиоподы, трилобиты, кораллы, наутилоидеи). Среди известняков залегают горючие сланцы, образовавшиеся за счет сине-зеленых водорослей

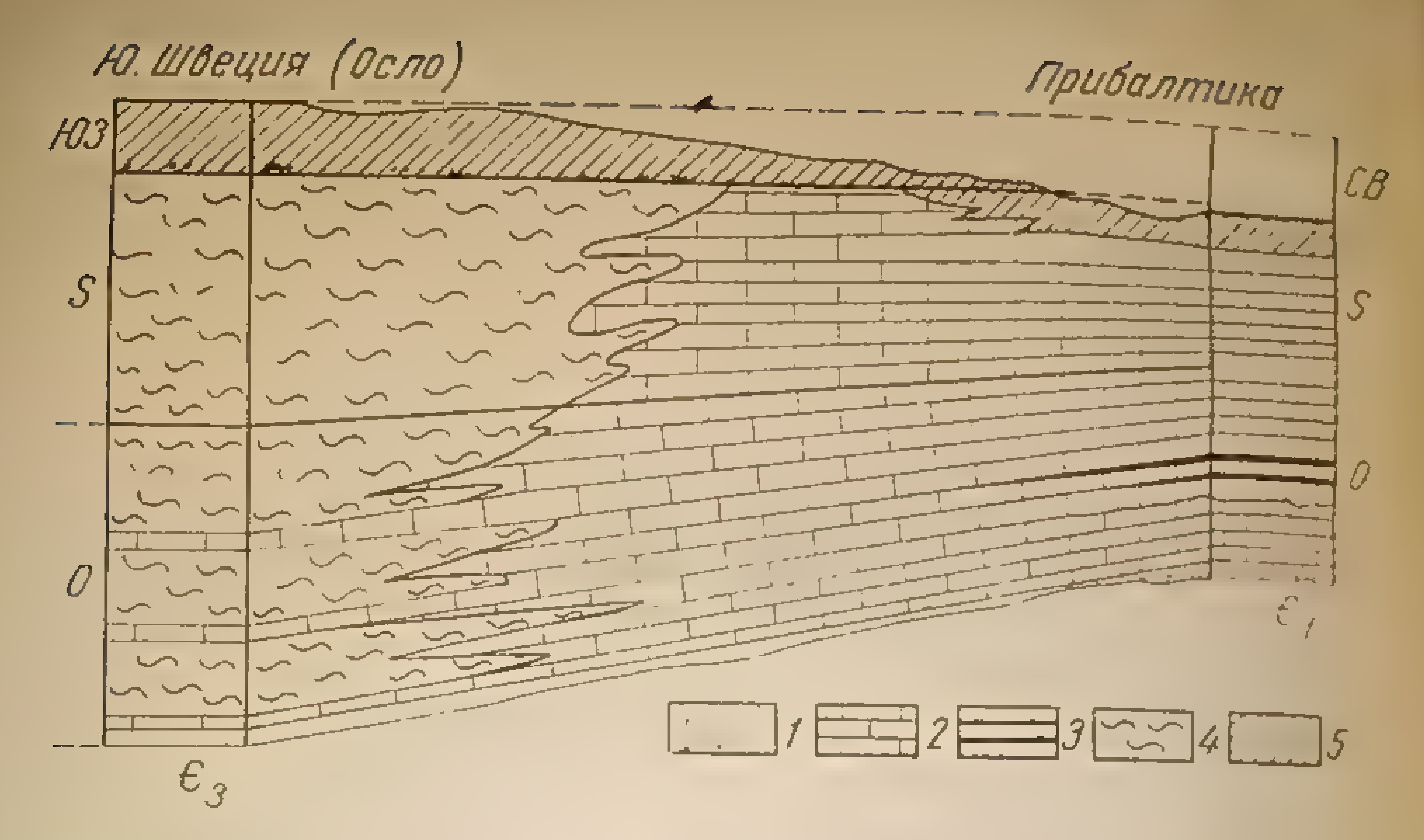


Рис. 27. Схематический разрез ордовикских и силурийских отложений Прибалтики и Южной Швеции:

1 — пески; *2* — известняки; *3* — горючие сланцы (кукерситы); *4* — глины; *5* — красноцветные лагунно-континентальные отложения

(месторождения Эстонии — Кохтла-Ярве, Ахтме, Ленинградской области — Сланцы).

В Приднестровье в нижней части разреза залегают пески и глинистые породы, содержащие фосфорит. Затем идут известняки, содержащие фауну брахиопод, кораллов.

Урало-Тянь-Шаньская и Монголо-Охотская геосинклинальные области характеризуются накоплением морских осадков большой мощности. Местами (Восточный Урал и др.) встречается вулканический материал.

На Сибирской платформе ордовикские отложения встречаются в западной и центральной частях. В центральной части (бассейн Вилюя) они представлены доломитами, известняками, мергелями, песчаниками, глинами, перемежаемыми между собой. В отложениях найдена морская фауна (трилобиты, брахиоподы, кораллы и др.). Эти отложения нефтеносны и газоносны.

В юго-западной части платформы (бассейн Ангары) развиты терригенные красноцветные глины и песчаники с прослоями гипса и каменной соли, редко доломиты, известняки.

В северо-западной части платформы — в бассейнах Тунгусок, Курейки к ордовику относятся известняки, глинистые породы, частично доломиты, песчаники.

Как видно, на западе и в центре платформы в ордовик было мелкое море. На востоке располагалась низменная суша. На юге находились байкальские горные сооружения. Имели место незначительные поднятия и опускания юго-западной части Сибирской платформы, что привело к эпизодическому освобождению этой

площади от морских условий. В эти моменты происходило отложение континентальных осадков.

Ордовикский период характеризуется дальнейшим развитием беспозвоночных. В ордовикский период появляются новые группы морских животных. К ним относятся кораллы (трубчатые и четырехлучевые), головоногие моллюски (наутилоидеи), граптолиты, морские лилии.

В ордовикский период достигли вершины своего развития морские пузыри. В ордовикских морях разбойничали хищные наутилоидеи, нередко достигавшие крупных размеров (длиной до 2—3 м). Трилобиты, защищаясь от них, приобрели способность свертываться, чем они существенно стали отличаться от кембрийских трилобитов. Много брахиопод (ортиды, пентамериды). В конце ордовика появились первые рыбоподобные бесчелюстные — водные позвоночные. На суше развиваются бактерии и одноклеточные водоросли.

СИЛУРИЙСКИЙ ПЕРИОД

Силурийский период характеризуется в основном сохранением физико-географических условий предыдущего, ордовикского периода: по-прежнему широко развиты в северном полушарии морские условия. В силуре проявился главный этап развития ряда геосинклинальных областей. Складкообразование сопровождалось внедрением магмы в толщу земной коры и образованием полезных ископаемых глубинного происхождения.

Складчатость проявилась в Грампианской, Северо-Гренландской, Восточно-Гренландской, Аппалачской (северное окончание), на севере Монголо-Охотской (Салаир, Западный Саян), Урало-Тянь-Шаньской (Северная Земля, Таймыр, Северный Тянь-Шань, Восточный Казахстан, Алтай) геосинклинальных областях. В результате Восточно-Европейская и Северо-Американская платформы соединились и образовали единый Северо-Атлантический материк. К Сибирской платформе присоединились Саяны, Восточный Казахстан, Алтай, Северный Тянь-Шань, Северная Земля, Таймыр Образовался обширный материк — Ангарида. Закончилось существование Грампианской, Северо-Гренландской и Восточно-Гренландской геосинклинальных областей. Теряет геосинклинальные свойства северная часть Монголо-Охотской геосинклинальной области. В южном полушарии по-прежнему сохранялся материк Гондвана, который, как и раньше, в основном представлял сушу.

Климатическая зональность силура сходна с климатической зональностью ордовика.

В начале силурийского периода бо́льшая часть территории Советского Союза была покрыта водой. Только европейская часть СССР представляла сушу.

Силурийские отложения на Восточно-Европейской платформе имеют весьма слабое развитие. Они распространены на западе — в Прибалтике и в Приднестровье.

Прибалтийский разрез силура представлен известняками, содержащими морскую фауну. Отличие от ордовикского разреза заключается лишь в том, что среди силурийских отложений нет горючих сланцев. В верхней части разреза появляются красноцветные континентальные отложения. Разрез силура Подолии сходен с разрезом ордовика. Следовательно, в силурийский период на Восточно-Европейской платформе в основном сохраняются те же условия, которые имели место в предыдущий, ордовикский период: большей частью она представляла сушу и лишь в Прибалтике и Приднестровье была незначительная морская трансгрессия.

Закончилась силурийская история этой территории поднятием и осушением платформы. После отступления моря в западной части платформы возникли лагуны, в которых отложились красноцветные обломочные породы и доломиты.

В Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области силур сложен в основном коралловыми, брахиоподовыми и другими известняками, сланцами, среди которых залегают вулканические породы.

Силурийские отложения Монголо-Охотской геосинклинальной области представлены эффузивно-обломочными породами, залегающими среди осадочных толщ.

С магмой, внедрившейся в толщу земной коры в результате проявления каледонской складчатости, связано происхождение месторождений многих полезных ископаемых в нашей стране. К ним относятся Тельбесское, Таштагольское (Горная Шория), Абаканское (Хакассия) месторождения железных руд, месторождения самородного золота в Кузнецком Алатау и Центральном Казахстане, полиметаллических руд в Салаире, вольфрамовые и молибденовые месторождения Алтае-Саянской страны. В Скандинавских горах (Швеция) образуются месторождения железной, хромитовой, никелевой и других руд.

На Сибирской платформе море сохранилось в раннем силуре в бассейне Нижней и Подкаменной Тунгусок, Курейки и в верхнем течении Вилюя (известняки). В позднем силуре морские условия сменяются лагунными (доломиты, красноцветные континентальные отложения, каменная соль, гипс), что указывает на поднятие платформы. В конце силура Сибирская платформа испытала резкое поднятие и полностью вышла из-под уровня моря.

В морях продолжается эволюция беспозвоночных. Особенно многочисленны трубчатые и четырехлучевые кораллы, наутилоидеи, брахиоподы (спирифериды, продуктиды), граптолиты.

Широкое развитие в силуре получили бесчелюстные позвоночные. В позднем силуре появляются первые рыбы с хрящевым внутренним скелетом, снабженные челюстями.

В конце силура резко уменьшилось число трилобитов, наутилоидей. «Живым ископаемым» — единственным представителем

наутилоидей — является доживший до нашего времени наутилус. Вымирают морские пузыри.

В силуре дальнейшее развитие получают водоросли. В конце силурийского периода впервые на суше появляются высшие растения — риниевые. Из моря на сушу выходят первые живые существа — скорпионы, а за ними многоножки.

ДЕВОНСКИЙ ПЕРИОД

В девонский период в северном полушарии существовали Северо-Атлантический материк и Ангарида, в южном — Гондвана. В начале девона происходит формирование каледонских горных сооружений, поднятие платформ северного полушария, что приводит к регрессии моря и преобладанию континентального режима. Со среднего девона начинаются опускания в геосинклинальных областях и на платформах. Эти опускания постепенно усиливались и достигли максимума в раннекаменноугольную эпоху. Южные материки в основном оставались сушей.

В начале девона заметно расширяются зоны засушливого климата, что, вероятно, связано с регрессией моря. Это подтверждается накоплением солей в Белоруссии. Во второй половине девона более широкое распространение имеют теплые и влажные климаты в связи с наступлением моря. Сухие и холодные зоны сокращаются в размерах. В эти моменты климатическая дифференциация в какой-то степени сглаживалась.

Отложения девона на Восточно-Европейской платформе выходят на поверхность: на северо-западе — в Прибалтике, в центральной части — Курская и Воронежская области, небольшие выходы имеются на юге Донбасса и в долине Днестра. Буровые работы обнаружили их на глубине на значительной площади европейской части СССР.

На северо-западе в средний девон отложились континентальные красноцветные образования с прослоями различных солей и гипса — химических осадков, образовавшихся в бывших лагунах и озерах. На территории Белоруссии в девонский период образовались месторождения калийных солей (Старобинск). Верхний девон представлен известняками и доломитами морского происхождения и песками и глинами континентального происхождения. Рассолы девонского моря, представляющие смесь растворов различных солей, встречаются под Москвой, в районе Старой Руссы и в других районах. Рассолы в наше время используются для лечебных целей.

На востоке — между Волгой и Уралом — и в центральной части широко представлены морские терригенно-карбонатные породы, среди которых имеются битуминозные известняки, с которыми связаны нефтегазоносность восточных районов платформы. Верхнедевонские отложения Белоруссии и Украины также нефтеносны (месторождения близ Миргорода и Чернигова) и газоносны (Шебелинское месторождение природного газа). В девоне заканчивает-

ся Днепровско-Донецкая узкая, длинная и глубокая впадина, в которой накапливаются конгломераты, известняки, эффузивы и вулканические туфы. В северо-западной части Днепровско-Донецкого прогиба среди отложений верхнего девона содержатся прослои доломитов и каменной соли.

Вне нашей территории в девоне образовались богатые Пенсильванские месторождения нефти в Северной Америке.

Девонские отложения на территории Урало-Тянь-Шаньской и Монголо-Охотской геосинклинальных областей встречаются довольно часто. Представлены они морскими обломочными и известняковыми отложениями, что указывает на преимущественное развитие морских условий. В геосинклинальных прогибах накапливались морские осадки, в геоантиклиналях — континентальные отложения, куда лишь эпизодически проникало море. На восточном склоне Урала, на Алтае, в Салаире продолжаются вулканические извержения. На Урале (г. Орск) и на Алтае, в районах проявления вулканизма образуются яшмы.

Девонские отложения на Сибирской платформе имеют ограниченное распространение. Они имеются в северной и северо-западной частях платформы — в Тунгусской синеклизе (район Норильска, междуречье Нижней и Подкаменной Тунгусок), в восточной части — в Вилюйской синеклизе (бассейн среднего течения Вилюя) и на юго-западе (Канская впадина).

На северо-западе девон сложен в основном красноцветными и пестроцветными уплотненными глинами, доломитами, содержащими обильную фауну рыб. Среди них имеются прослои гипса, каменной соли. Среди красноцветных пород залегают пачки известняков. Следовательно, здесь накапливались преимущественно лагунно-континентальные осадки. Континентальное осадконакопление неоднократно прерывалось вторжением моря с северо-запада из Арктического бассейна.

На востоке платформы девонские отложения представлены также преимущественно красноцветными глинистыми породами, мергелями с прослоями известняков и песчаников. В нижней части разреза встречаются прослои гипса и каменной соли, а в верхней части залегают вулканические туфы. Следовательно, и здесь существовали лагунные и континентальные условия, прерывающиеся временами заходом моря со стороны Верхояно-Чукотской геосинклинальной области. Туфы — результат вулканической деятельности.

На юго-западе к девону относится толща континентальных обломочных пород: пестроцветные глинистые породы, песчаники с прослоями мергелей и известняков.

Из этих данных вытекает, что Сибирская платформа в девонский период характеризовалась повышенным стоянием и была в основном сушей. И только северная, северо-западная и юго-западная окраины платформы были низменными и отличались наклонностью к погружениям и частично находились под водой.

Резкие изменения физико-географических условий привели к изменению органического мира. В середине девона наземная риниевая растительность достигла расцвета. В позднедевонскую эпоху древние риниевые вымерли, постепенно вытеснились влаголюбивыми растениями: папоротниковыми, хвощевыми, плауновыми, которым начало дали риниевые. В конце девонского периода появились обширные леса. С этого времени началось углеобразование (в Кузбассе, на островах Шпицберген, Медвежий и на Тиманском кряже).

Животный мир суши был представлен многоножками и скорпионами. Появляются первые пауки, клещи. В девонских отложениях найдены первые бескрылые насекомые.

Важная особенность девонского периода — появление в континентальных водоемах позвоночных. Это были кистеперые рыбы, плавники которых напоминают примитивные конечности. По какой причине позвоночные вышли на сушу? Кистеперые рыбы — крупные придонные хищники. Обитали они в морях и в обширных, пресных, заросших, заболоченных водоемах тропического типа, где нередко имело место значительное уменьшение содержания растворенного в воде кислорода, что потребовало дополнительных органов дыхания, использующих кислород воздуха. У кистеперых рыб развились органы воздушного дыхания (легкие) и конечности особого типа, которые дали возможность освоения суши. Плавники рыб постепенно превратились в органы передвижения, жаберное дыхание заменилось легочным. Появился родоначальник земноводных — стегоцефал. Расцвет кистеперых рыб приходился на девон, карбон и пермь.

Девонские земноводные, найденные в Восточной Гренландии (ихтиостегиды), соединяют признаки кистеперых рыб и земноводных: рыбий череп, зубы, покрытый чешуей хвост и короткие пятипалые конечности.

Кистеперые рыбы — родоначальники всех наземных позвоночных. До нашего времени сохранился один вид кистеперой рыбы (латимерия), которая живет у берегов Юго-Восточной Африки.

Для органического мира девона характерен бурный расцвет рыб: панцирные, хрящевые, костные, благодаря чем девонский период нередко называют веком рыб. Панцирные рыбы к концу периода вымерли.

Из беспозвоночных широко представлены брахиоподы (спирифериды, ринхонеллиды, теребратулиды), головоногие моллюски — гониатиты и климениды (в конце периода климениды вымерли), четырехлучевые кораллы. Сохранились губки, строматопоры, морские лилии, морские ежи, водоросли. Очень мало остатков трилобитов, наутилоидей, граптолитов.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Смит Дж. Старина Четвероног. М., Географгиз, 1962.

Наливкин Д., Петров Л. Наша нефть. М.—Л., Детгиз, 1952.

КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕРИОД

В каменноугольный период морская трансгрессия в северном полушарии расширяется. Гондвана в основном оставалась сушей. В раннем карбоне усилились процессы опускания геосинклинальных зон. В средний и поздний карбон и в раннюю пермь проявляется главный этап герцинской складчатости (складкообразование, формирование интрузий, образование полезных ископаемых глубинного происхождения, метаморфизм). Складчатость проявилась в Аппалачской, Западно-Европейской, Урало-Тянь-Шаньской, Монголо-Охотской, Австралийской геосинклинальных областях. В результате в северном полушарии возник огромный материк — Лавразия, включающий Северную Америку, Европу и Азию. Лавразия простиралась от Кордильерской геосинклинальной области на западе до Верхояно-Чукотской на востоке. Южный материк — Гондвана — также увеличился в размерах за счет присоединения Австралийских Кордильер, Капских гор и гор Северо-Западной Африки. Этими движениями было положено начало широкой распространенной и продолжительной вулканической деятельности.

Все горные сооружения герцинского возраста обладают глубинными магматическими породами, к которым приурочены месторождения платины, хромитовой, титановой и других руд. Кроме того, образовались полезные ископаемые пегматитового, пневматолитового и гидротермального происхождения; на Урале в контакте магмы с известняками образовались месторождения магнитного и красного железняков (горы Магнитная, Высокая и Благо-

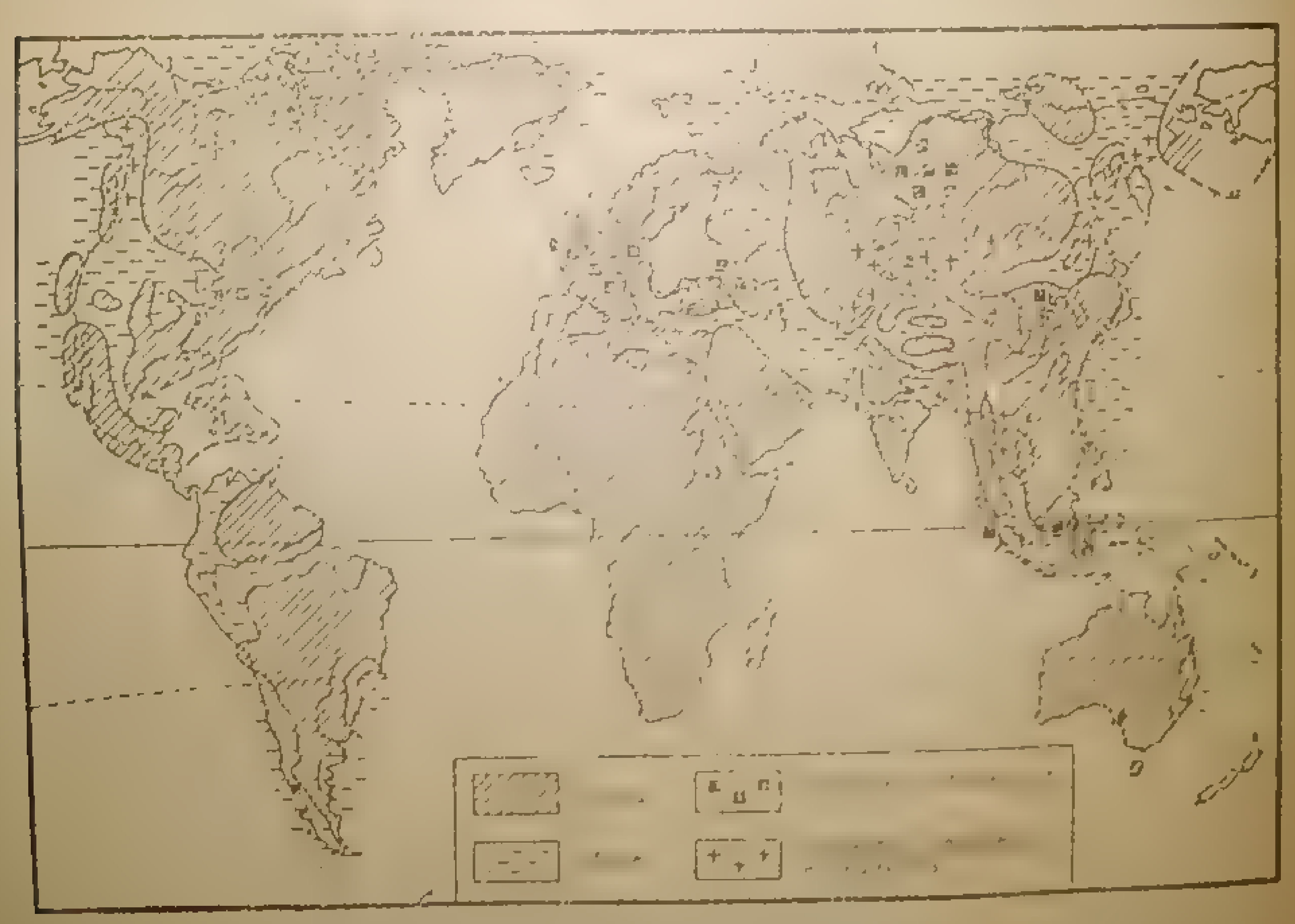


Рис. 28. Палеогеография позднего карбона

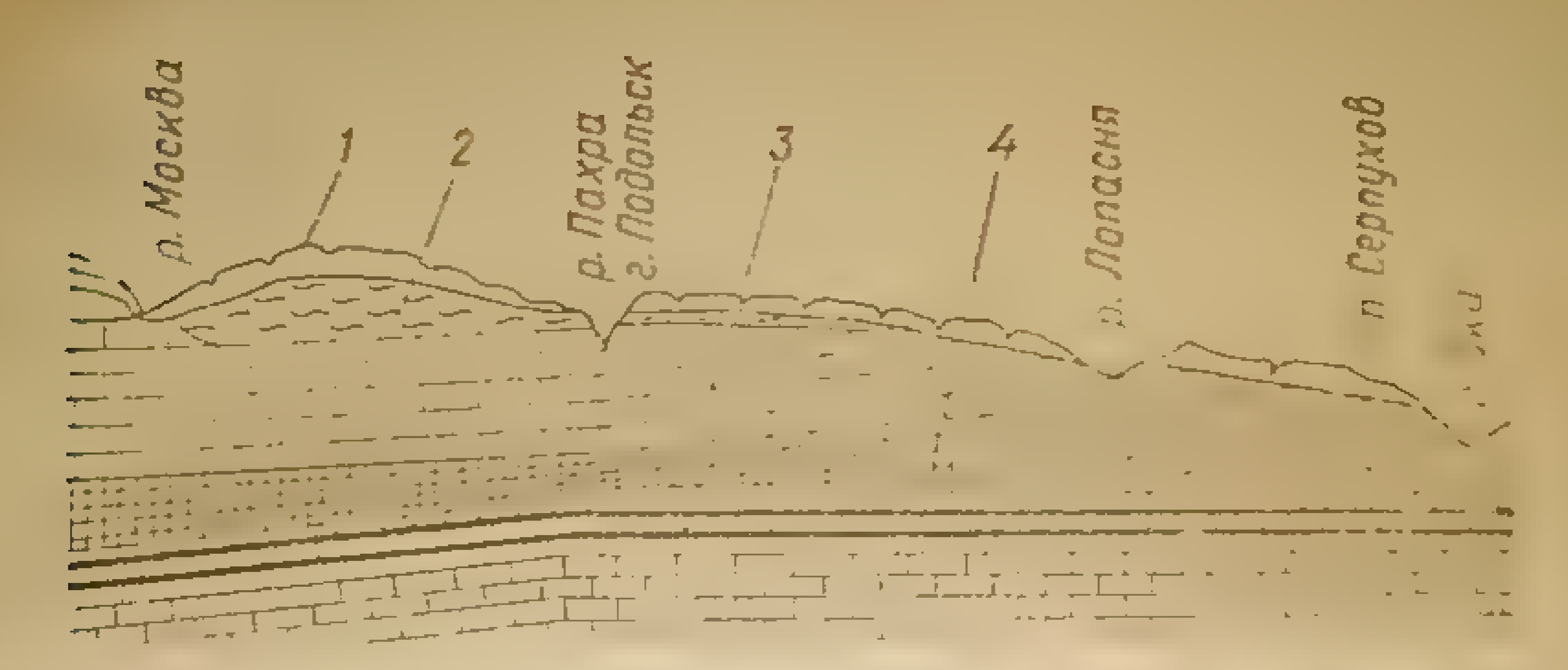


Рис. 29. Каменноугольные отложения Подмосковного бассейна:

1 — ледниковые отложения; *2* — юрские глины; *3* — каменноугольные известняки; *4* — угленосные [illegible] отложения

дать), Соколовско-Сарбайское месторождение железной руды (Тургайская степь).

В раннем карбоне продолжается господство теплого и влажного климата. Со среднего карбона четко вырисовывается ботанико-географическая зональность. В среднем и позднем карбоне в южном полушарии находилась зона холодного климата. На юге Южной Америки, юге Африки, Индии и Австралии имеются ледниковые отложения этого возраста.

Бо́льшая часть нашей территории в каменноугольный период в основном была залита морем (рис. 28).

Разрез каменноугольных отложений Восточно-Европейской платформы начинается известняками (рис. 29), содержащими морскую фауну (брахноподы, кораллы, простейшие, головоногие моллюски и др.). После этого характер осадконакопления меняется в северной части платформы, начиная с Московской области до Белого моря на севере и до Урала на северо-востоке накапливается угленосная толща, состоящая из песков, глин, содержащих пласты и линзы каменного угля.

В северо-западной части угольные прослои здесь как бы замещаются прослоями глины с бокситом и бурым железняком. Боксит и бурый железняк этого возраста развиты в районе Тихвина, Бокситогорска (Ленинградская область), [illegible] Рязанской области. В Тульской и Липецкой областях [illegible] железные руды (бурый железняк). На востоке [illegible] носные пески и глины морского происхождения. В [illegible] части платформы буровыми скважинами обнаружены [illegible] этого возраста — глинистые породы с фауной брахиопод, моллюсков.

Отложения второй половины раннего карбона представлены известняками с богатой морской фауной.

Отложения среднего и верхнего карбона занимают бо́льшую площадь по сравнению с предыдущими. Они встречаются не только

в средней и южной частях платформы, но и на севере вплоть до Северного Ледовитого океана.

На востоке к этому времени относятся нефтегазоносные пески и глины морского происхождения, залегающие в нижней части разреза (месторождения Русской плиты). Выше появляется толща известняков и доломитов. В верхней части разреза залегают гипсоносные породы.

Анализ фациальных особенностей пород каменноугольного возраста Восточно-Европейской платформы убеждает нас в том, что она находилась под водой. В раннекаменноугольную эпоху северная половина ее испытала кратковременное поднятие, море отступило. На обширных низменных пространствах возникли озера, болота. Затем море вновь возвращается и сохраняется до конца периода. Заканчивается каменноугольная история Восточно-Европейской платформы поднятием и осушением ее.

К нижнему карбону в Донецкой впадине относятся известняки с брахиоподами, кораллами и другими морскими животными. С конца нижнего карбона на протяжении среднего и верхнего карбона формируется угленосная толща, состоящая из переслаивающихся слоев обломочного материала (песчаники, глинистые породы), прослоев угля и известняков. Таким образом, в раннекаменноугольную эпоху Днепровско-Донецкий прогиб оставался под водой. В средне- и позднекаменноугольные эпохи эта территория пульсирует — то поднимается и осушается, то вновь заливается водой. В моменты осушения развивалась багатая наземная растительность, которая в дальнейшем приняла участие в образовании ископаемого угля; в моменты морских трансгрессий отлагались известняки.

В области Балтийского и Украинского щитов в результате тектонических разломов образуются интрузивные массивы — Хибинский и Мариупольский. К Хибинскому массиву приурочены месторождения апатита Хибинской тундры, к Мариупольскому — месторождения ртути и сурьмы Украины.

Каменноугольный разрез западного склона Урала близок к разрезу карбона Восточно-Европейской платформы (рис. 30). Здесь также преимущественно накапливаются известняки органического происхождения. И только среди нижнекаменноугольных отложений имеются прослои континентальных угленосных пород. Западная часть Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области продолжает прогибаться и остается под водой. В восточной части Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области в раннем карбоне проявляется главная фаза геосинклинального развития — складкообразование. Образуются интрузии девонского, нижнекаменноугольного возраста. С ними связаны полезные ископаемые глубинного происхождения: магнетит, платина, хромит, золото, драгоценные камни и др.

В средне- и позднекаменноугольные эпохи и в раннюю пермь продолжается складкообразование в оставшихся частях Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области.

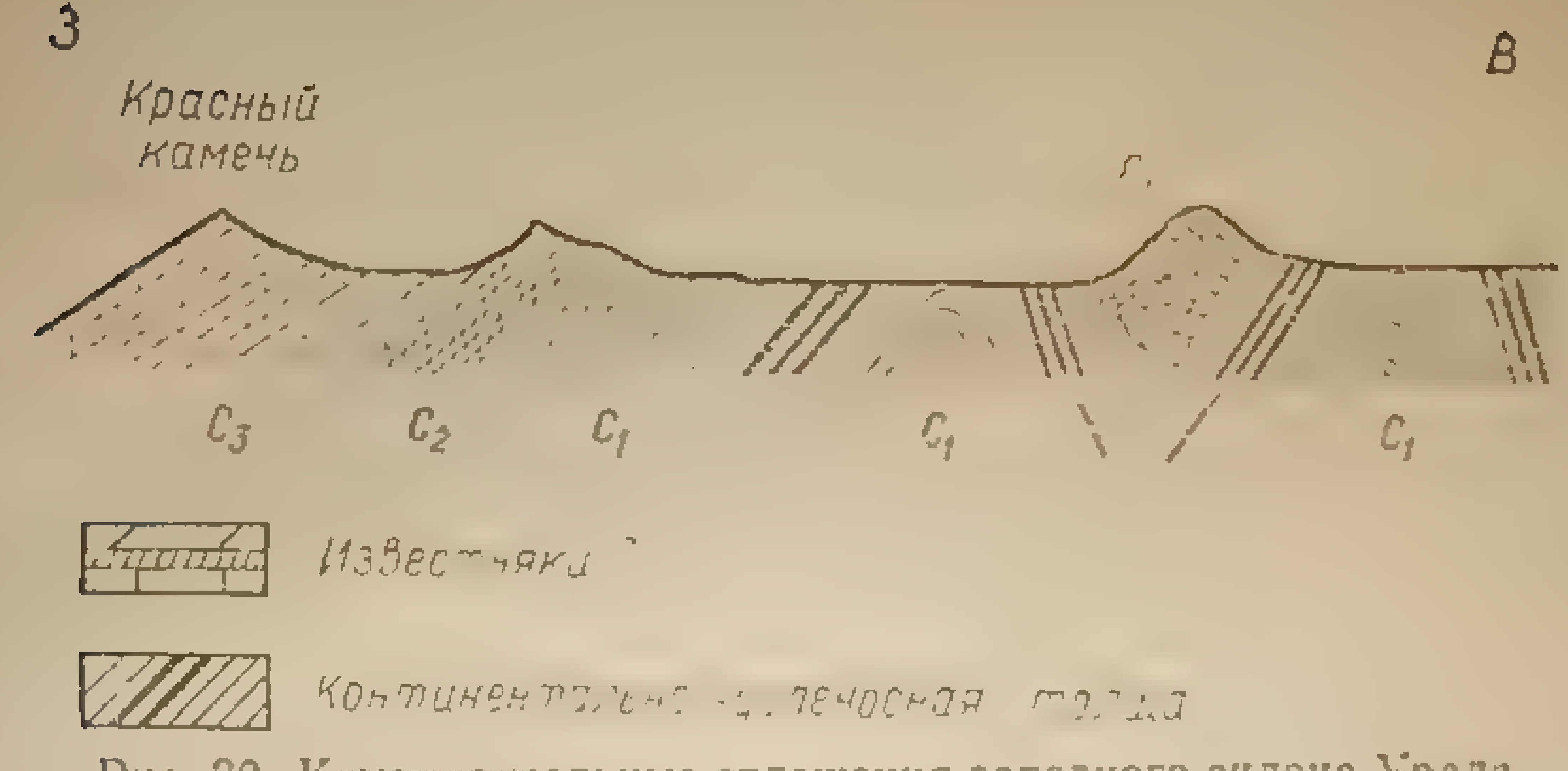


Рис. 30. Каменноугольные отложения западного склона Урала вдоль реки Кизела

Каменноугольные отложения Монголо-Охотской геосинклинальной области в основном аналогичны отложениям каменноугольного возраста соседней, Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области. В конце раннего карбона заканчивается главный геосинклинальный этап развития этой территории.

Отложения среднего и позднего карбона распространены на меньших площадях и в основном представлены породами континентального происхождения. Это континентально-вулканогенные, обломочные и угленосные (Кузнецкий, Минусинский, Тувинский бассейны), прибрежно-морские отложения.

Среди отложений среднего и особенно верхнего карбона залегают медистые песчаники, с которыми связано Джезказганское медное месторождение.

На Сибирской платформе каменноугольные отложения имеются в Тунгусской и Вилюйской синеклизах и вдоль северного края платформы. На севере и северо-западе они выходят на поверхность в Норильском районе и в бассейне Курейки, на юго-востоке — в бассейне Ангары и на востоке в бассейне Вилюя. На остальной площади Сибирской платформы каменноугольных отложений нет.

Отложения нижнего карбона, развитые исключительно в северных и северо-западных частях платформы, представлены известняками с фауной брахиопод, кораллов и [illegible]. Южнее, в бассейнах нижнего течения Нижней и Подкаменной Тунгусок, карбонатные породы замещаются терригенными прибрежно-морскими песчаниками и конгломератами.

В Вилюйской синеклизе нижний карбон представлен преимущественно лагунными и континентальными, обычно пестроокрашенными породами, туфами.

Средне- и верхнекаменноугольные отложения, пользующиеся более широким распространением, чем нижнекаменноугольные, сложены в Тунгусской синеклизе породами континентального происхождения: уплотненными глинами, песчаниками, содержащими пласты угля. В южной части Тунгусской синеклизы среди отложений среднего и верхнего карбона появляются эффузивы.

Таким образом, Сибирская платформа в ранний карбон, за исключением северной и северо-западной частей (Тунгусская синеклиза), где были морские условия, представляла сушу. В Вилюйской синеклизе, которая также прогибается, сохраняются лагунные и континентальные условия. Расколы земной коры в этой области привели к вулканической деятельности. В течение среднего и позднего карбона Сибирская платформа остается сушей.

С каменноугольного периода начинается расцвет жизни на суше, его можно назвать периодом завоевания суши растениями и животными. Этот период был золотым веком папоротников, плаунов (лепидодендроны, сигиллярии), хвощей (каламиты), кордаитов, примитивных насекомых и земноводных. В середине периода появились первые пресмыкающиеся (котилозавры).

В каменноугольный период впервые появились громадные лесные массивы с гигантскими, мощными деревьями (30—40 м в высоту и до 2 м в поперечнике). Каменноугольные леса — это древние джунгли, разросшиеся на низменных морских берегах и в лесных болотах (рис. 31).

В каменноугольный и следующий, пермский период происходило первое в истории развития Земли мощное угленакопление с преобладанием высокосортных каменных углей, антрацитов.

На территории Советского Союза в каменноугольный период образовались угли Подмосковного, Донецкого, Таймырского, Камского, Кузнецкого, Карагандинского, Экибастузского, Тунгусского бассейнов и на Урале. Угольные месторождения Западной Европы



Рис. 31. Лес каменноугольного периода:

1 — лепидодендров; 2 — древовидный папоротник; 3 — древовидные хвощи (каламиты); 4 — кордаит; 5 — сигиллярия

(ФРГ, Англия, Франция, Бельгия) и Аппалачей (США) также образовались в это время.

В лесах каменноугольного периода нас поразило бы отсутствие цветов, бабочек и тишина, так как в то время еще не было птиц.



Рис. 32. Стегоцефал (панцирноголовое земноводное)

На суше обитали скорпионы, тараканы, мокрицы, многоножки, пауки, появились первые брюхоногие моллюски. В воздух поднялись первые крылатые насекомые и широкое распространение получили древние стрекозы, которые достигали гигантских размеров (размах крыльев некоторых из них измерялся 100 см). Благодаря отсутствию птиц насекомые быстро размножались.

В каменноугольный период были широко распространены гигантские панцирноголовые земноводные — стегоцефалы (рис. 32). В морях жили четырехлучевые и трубчатые кораллы, морские ежи, морские лилии, гониатиты, брахиоподы (преобладали продуктиды, спирифериды) и громадное количество простейших организмов (фузулины). Расцвета достигли акуловые рыбы. В начале карбона вымерли граптолиты.

Задание.

Сравните разрезы каменноугольных отложений Русской Европейской платформы (Подмосковный бассейн) и Урала (западный склон). Найдите сходство и различие в истории этих территорий за каменноугольный период.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Васильков И. А., Цейтлин М. З. Солнечный камень. М., Углетехиздат, 1951.

ПЕРМСКИЙ ПЕРИОД

В позднюю пермь и триас проявился заключительный этап герцинской складчатости: образовались горы и межгорные впадины. Закончилось существование Западно-Европейской, Урало-Тянь-Шаньской, Монголо-Охотской, Аппалачской и Австралийской геосинклинальных областей и Донецкого прогиба. В конце пермского периода существовали два крупных материка: на севере — Лавразия, на юге — Гондвана. В районе Мозамбикского пролива наметилась впадина Индийского океана.

В связи с поднятием земной коры сильно сократилась площадь морей. Пермская регрессия была наибольшей за всю палеозойскую

эру. Следовательно, это было время широкого развития континентальных условий.

В пермь расширяются области с засушливым климатом (накапливаются красноцветные и соленосные отложения), существуют области с умеренным климатом (происходит углеобразование) и области с влажным теплым тропическим и субтропическим климатом, где развиваются влаголюбивые и теплолюбивые растения.

Пермские отложения на Восточно-Европейской платформе широко распространены и приурочены к восточной половине платформы.

Начинается разрез нижнепермских отложений известняками и доломитами, содержащими морскую фауну. Выше залегает толща, состоящая из слоев доломита, гипса, глин. Мощность их возрастает по направлению к Приуралью. В Приуралье, от Соликамска до Оренбургской области, в разрезе большое значение приобретают каменная и калийные соли (Соликамское месторождение калийных солей). На севере Предуральского прогиба, в Воркутинском угленосном бассейне, к перми относится обломочно-угленосная толща (Печорский угольный бассейн). В Прикаспийской области преобладает каменная соль.

В середине позднепермской эпохи погружаются северная и восточная части платформы, что приводит к кратковременной морской трансгрессии. Возникает меридиональный морской бассейн (Казанское море). Известняки и доломиты, образовавшиеся на дне Казанского моря, слагают правый берег Волги выше Казани. Море наступало с севера, со стороны Арктического бассейна.

Разрез пермских отложений Восточно-Европейской платформы заканчивается континентальными красноцветами татарского яруса: глинами, песчаниками, мергелями. В татарском веке Восточно-Европейская платформа превращается в сушу. Это продолжается до конца периода.

В Днепровско-Донецкой впадине, в нижней части разреза перми, залегают терригенные континентальные пестроцветные отложения с прослоями известняков морского происхождения. Выше залегают каменная соль и гипс. Следовательно, в перми в этом районе господствовали лагунно-континентальные условия, которые временами прерывались проникновением моря. В конце пермского периода в Донецкой впадине произошло складкообразование. Возникает герцинское складчатое сооружение – Донецкий кряж.

В пермский период значительная восточная часть Урало-Тянь-Шаньской геосинклинальной области испытала горообразование.

Осадконакопление в перми происходило в пределах Западного Урала и Южного Тянь-Шаня.

В перми формируются складчатые структуры Западного Урала и Южного Тянь-Шаня. Морской режим сменяется лагунным. В лагунах накапливаются гипс, каменная и калийные соли. Пермская история заканчивается сменой лагунного режима континентальным. Формируется Предуральский краевой прогиб.

В Кузнецкой, Минусинской, Карагандинской и других котловинах Монголо-Охотской геосинклинальной области пермь представлена угленосной толщей, состоящей из обломочных пород, содержащих пласты каменного угля.

Пермские отложения на Сибирской платформе широко распространены и приурочены к западной ее части — к Тунгусской синеклизе.

В нижней части пермского разреза Тунгусской синеклизы залегают угленосные обломочные породы (уголь Тунгусского бассейна), в верхней части — лавы и вулканические туфы, перемежающиеся с обломочными осадочными породами.

В западной части Сибирской платформы в результате расколов и вертикальных смещений формировалась Тунгусская синеклиза.

По глубоким трещинам, образовавшимся при расколе Сибирской платформы, поднималась магма, которая частично внедрилась в толщу осадочных пород (кембрия, ордовика, силура и угленосной толщи перми), частично вылилась на большие площади поверхности. Так образовались известные сибирские траппы, занимающие большую площадь от Енисея на западе до Лены на востоке. С палеозойскими траппами связаны месторождения медно-никелевых руд Норильска и Талнаха. В трапповую формацию также входят кимберлитовые трубки, многие из которых являются алмазоносными.

Изменение климата в пермский период способствовало развитию растительности, приспособленной к сухим и холодным климатическим условиям. В первую половину пермского периода исчезли древовидные папоротники, лепидодендроны и сигиллярии. Во второй половине периода появились и постепенно заняли господствующее положение голосеменные растения — древние хвойные, гинкговые; споровых растений осталось мало. Появились цикадовые. В связи с оледенением Гондваны развивалась гондванская, или глоссоптериевая, флора, приспособленная к холодным условиям.

На суше развитие получили котелкоголовые (парейазавры) и звероподобные (иностранцевии) ящеры.

В пермских морях развивались простейшие (швагерины), брахиоподы (продуктиды, спирифериды), акулы; появились цератиты. В конце пермского периода вымерли многие позднепалеозойские животные: котелкоголовые и звероподобные ящеры, фузулиниды, трилобиты, трубчатые и четырехлучевые кораллы, древние морские лилии, гониатиты. В небольшом количестве остались плеченогие (вымерли продуктиды), наутилоидеи, древние акулы.

ИНТЕРЕСНАЯ И ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Акимушкин И. И. Следы [illegible] М., [illegible], 1961.

МЕЗОЗОЙСКАЯ ЭРА

В составе мезозойской эры 3 периода: триасовый, юрский и меловой.

ТРИАСОВЫЙ ПЕРИОД

В триасовый период закладываются новые геосинклинальные области: Альпийско-Гималайская, Верхояно-Чукотская, Кордильерская, Андийская. В северном полушарии был огромный материк Лавразия, а южном — не меньший по размерам материк Гондвана (рис. 33).

Лавразия в триасе представляла высоко приподнятый континент. Гондвана также была приподнята, и море заливало лишь крайне незначительные площади.

В триасе сохранился Мозамбикский прогиб, появилась зона прогибания между Африкой и Мадагаскаром, которая разделила Гондвану на две части: Австрало-Индо-Мадагаскарскую и Африкано-Бразильскую.

Триасовый период характеризуется отступлением моря. Среднетриасовая эпоха — время максимального проявления регрессии моря.

Климат раннего и среднего триаса во многом напоминал климат предыдущего, пермского периода: широко развиты зоны сухого климата (образование солей). Начиная с позднего триаса климат увлажняется и это приводит к расширению площади распространения коры химического выветривания. Триасовая кора выветривания (месторождения каолина и боксита) имеются на Урале и в Казахстане.

Подавляющая часть Восточно-Европейской платформы в триасовый период представляла собой сушу. Здесь господствуют процессы денудации, местами происходило континентальное осадконакопление (Московская синеклиза). В них имеются остатки наземных позвоночных и растений. И лишь в Прикаспийской синеклизе в разрезе появляются прослои морских пород (известняки, глины)

Крымско-Кавказская геосинклинальная область в триасе в основном находилась под водой: накапливались карбонатные и обломочные осадки.

Триасовый период в Урало-Тянь-Шаньской и Монголо-Охотской геосинклинальных областях характеризуется господством континентального режима. Континентальные триасовые отложения имеются во впадинах (Карагандинская, Минусинская, Тувинская, Ферганская и др.). В некоторых грабенах развиты континентальные обломочные угленосные отложения (Челябинский грабен).

Сибирская платформа в триасе в основном представляла сушу. В западной части происходили тектонические разломы, что активизировало вулканическую деятельность: происходили трещинные и центральные извержения. Продолжается формирование сибирских траппов. Это связано с прогибанием Тунгусской синеклизы.

В Верхояно-Чукотской геосинклинальной области в триасе накапливаются в морских условиях обломочные и карбонатные осадки. Это — время преобладания опусканий. Проявился вулканизм.

В триасовый период обнажились обширные пространства суши:



Рис. 33. [illegible]

площадь, занятая сушей, [illegible] предыдущего, пермского периода [illegible] распространению наземных растений [illegible].

Начиная с триасового [illegible] преобладали голосеменные: хвойные, [illegible], [illegible] семенных папоротников.

В триасе развивались [illegible] пресмыкающихся (черепахи, ящерицы, змеи, крокодилы [illegible] к разным условиям обитания: [illegible] ихтиозавры, плезиозавры. [illegible] ющие, представленные мелкими [illegible] современную крысу).

Начиная с триаса получи[illegible] ки — аммониты (особенно [illegible] жаберные моллюски; [illegible], морские ежи и лилии. [illegible] и некоторые палеозойские [illegible] фериды, стегоцефалы, каламитовые, [illegible].

К концу периода вымерли панцирно[illegible]. Остались лягушки, салама[illegible].

ЮРСКИЙ ПЕРИОД

В юрский период больших изменений в распределении платформ и геосинклинальных областей не произошло.

В юрский период происходят значительные опускания и наступление моря в ряде частей Гондваны. Опускания произошли в участках, прилегающих к Индийскому океану, особенно в восточной части Африканской платформы — расширился Мозамбикский прогиб, развивался Аравийский прогиб. Океаническая впадина, разделяющая Африканскую, Индийскую и Австралийскую платформы, уже существовала. В это же время формируется Южно-Атлантическая впадина. Расколы сопровождались обширными излияниями базальтовых лав в Южной Африке и Южной Америке. Отделившиеся части Гондваны в основном оставались сушей.

Бóльшая восточная часть Кордильерской геосинклинальной области в позднюю юру и ранний мел находится на главном (складкообразовательном) этапе своего развития.

Для ранне- и среднеюрской эпох характерно господство теплого влажного климата (мощное углеобразование, мощная кора химического выветривания). Зоны холодного климата для этого времени не установлены. В позднеюрскую эпоху климат становится более сухим (появляются соленосные отложения). В раннеюрскую эпоху Восточно-Европейская платформа представляла сушу.

В течение юрского периода происходили прогибания в южной (Прикаспийская синеклиза), западной (Украинская синеклиза) и центральной (Московская синеклиза) частях Восточно-Европейской платформы. В мезозое формируются Причерноморская синеклиза и Ульяновско-Саратовский прогиб.

Среднеюрские отложения, распространенные в Украинской и Прикаспийской синеклизах, представлены песчано-глинистыми породами с прослоями известняков с аммонитами и двустворками. Эти участки Восточно-Европейской платформы, как видно, испытали морскую трансгрессию. В центральных районах платформы в среднюю юру существовала расчлененная суша, в пониженных участках которой накапливались бурые угли (Урало-Эмбинский район), каолиновые глины, бурые железняки (Орско-Халиловское месторождение, месторождения Тульской и Липецкой областей).

Верхнеюрские отложения представлены глинами, мергелями, песками, песчаниками, содержащими морскую фауну. Эти отложения богаты фосфоритом (Подмосковье, Общий Сырт, Поволжье, Чувашия, Кировская область). В Поволжье к этой толще приурочены месторождения горючих сланцев, образовавшихся в местах скопления водорослей и морской травы (Ульяновский и Сызранский районы).

Крымско-Кавказская геосинклинальная область в юрский период в основном находилась под водой. Сейчас здесь встречаются известняки и обломочные породы, содержащие остатки морских животных, среди которых местами залегают лавы.

В урало-тянь-шаньских и монголо-охотских герцинидах вертикальные движения земной коры приводят к образованию выступов и впадин. «Омолаживаются» Урал, Тянь-Шань, Казахская складчатая страна, Салаир, Кузнецкий Алатау, Горная Шория,

Алтай; образуются палеозойские плиты — Западно-Сибирская и Туранская.

На Западно-Сибирской плите к нижней и средней юре относятся континентальные угленосные отложения. На Крайнем Севере к средней юре относятся глинистые породы, песчаники с морской фауной — результат наступления Арктического океана.

В позднюю юру морская трансгрессия расширяется. В это время отлагались глины с прослоями известняков. На возвышенных участках образовалась мощная кора выветривания. К ней приурочены месторождения боксита, бурого железняка.

В юрский и меловой периоды образовались богатейшие месторождения нефти и газа Западно-Сибирской равнины.

В юрский период прогибаются северная (Хатангский прогиб — между низовьями Енисея и Хатанги), северо-восточная (Предверхоянский прогиб), центральная (Вилюйская синеклиза — в нижнем течении Вилюя), южная и юго-западная (Иркутский и Канский прогибы) части Сибирской платформы.

К нижней и средней юре на северо-востоке относятся морские песчано-глинистые отложения, которые в южном направлении постепенно переходят в континентальные. Рукав морского бассейна проникал далеко на юг, в Вилюйскую синеклизу. Верхнеюрские отложения Вилюйской синеклизы представлены континентальной угленосной толщей. Большие скопления горючего газа обнаружены в юрских отложениях Вилюйской и Хатангской синеклиз. На юге и юго-западе Сибирской платформы развиты континентальные угленосные отложения юры значительной мощности.

Таким образом, северо-восточная часть Сибирской платформы и частично Вилюйская синеклиза находились под водой. В южной и юго-западной частях платформы господствовали континентальные условия, здесь происходило углеобразование. Угленакопление происходило и в Вилюйской синеклизе. В юрский и меловой периоды образовались Лено-Вилюйский, Южно-Якутский, Ачинский, Канский, Черемховский (Иркутский) буроугольные бассейны.

В Верхояно-Чукотской геосинклинальной области в раннюю и среднюю юру продолжался тот же тип осадконакопления, что и в триасе (преимущественно терригенные отложения). С начала поздней юры проявляется киммерийская складчатость. На границе с Сибирской платформой закладывается Предверхоянский краевой прогиб. Здесь накапливаются континентальные угленосные толщи.

Теплый юрский период характеризуется пышным развитием наземной растительности. Юрские леса резко отличались от лесов каменноугольного периода (рис. 31). Развитие в это время получили голосеменные растения (хвойные, гинкговые, цикадовые). Нет каламитовых, кордаитовых. «Динозавровое дерево» гинкго — сейчас уцелело лишь в Японии и Китае. В СССР гинкго растет лишь в ботанических садах. В юрский период появились бабочки, первые птицы, летающие ящеры (рамфоринх).



Рис. 31. Лес юрского периода:

1 — деревья гинкго; 2 — араукарии; 3 — хвощи; 4 — саговники; 5 — кустарники из группы беннеттитов; 6 — папоротники

Первоптица — археоптерикс — является переходной формой от пресмыкающихся к птицам. Он жил только в юрский период. Юрские птицы еще не летали, а парили; при этом немалую услугу им оказывал длинный хвост с веерообразным оперением.

Юрский период — век пресмыкающихся. На суше широко распространились громадные ящеры — динозавры.

Среди мезозойских динозавров были растительноядные и плотоядные. Представителем юрских динозавров является стегозавр.

В отложениях юры в небольшом количестве встречаются остатки мелких примитивных млекопитающих.

В морях было много хищных остроносых рыбоящеров — ихтиозавров, напоминающих современных дельфинов. Некоторые ихтиозавры имели длину около 10 м. С молниеносной быстротой передвигались в воде юрские белемниты. Они не только внешне напоминали ракету, но при плавании использовали реактивный принцип отталкивания. Много было в юрский период аммонитов, развивались пластинчатожаберные моллюски, костистые рыбы, новые морские ежи и морские лилии, шестилучевые кораллы.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Аугуста И., Буриан З. Летающие ящеры и древние птицы. Прага, 1961.

Аугуста И., Буриан З. Ящеры древних морей. Прага, 196[illegible].

Рождественский А. К. Встречи с динозаврами. М., Знание, 19[illegible].

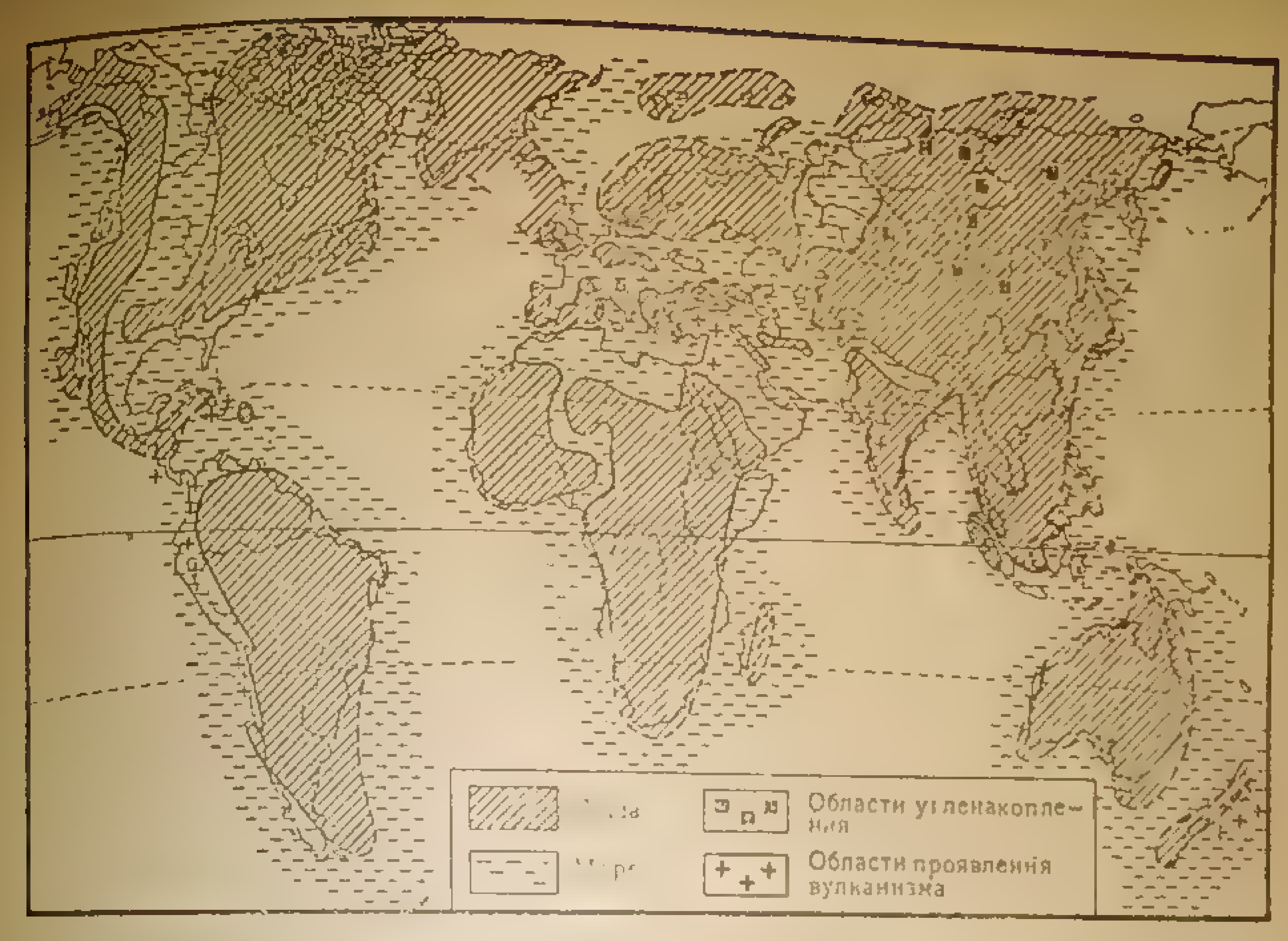


Рис. 35. Палеогеография позднемеловой эпохи

МЕЛОВОЙ ПЕРИОД

В меловой период морские условия сохраняются. Морская трансгрессия проявилась не только в северном полушарии, она охватила большие площади в Северной Африке, Индии и Австралии (рис. 35). По размеру меловая трансгрессия была самой большой за всю историю развития Земли.

В меловой период завершилась средняя, или мезозойская (киммерийская), складчатость, которая была особенно сильной на побережье Тихого океана. К концу мезозоя прекратили геосинклинальное развитие Верхояно-Чукотская геосинклинальная область и бо́льшая восточная часть Кордильерской геосинклинальной области. Геосинклинальное развитие продолжается в Андийской геосинклинальной области.

Для мезозоя характерно складкообразование в геосинклиналях (к Лавразии и Гондване причленяются горные хребты, образовавшиеся на западном и восточном берегах Тихого океана), расчленение Лавразии, Гондваны и формирование впадин Атлантического и Индийского океанов. Гондвана перестала существовать как единое целое. В это время происходили обширные трапповые излияния на Индийской, Африкано-Аравийской платформах. С трапповыми излияниями связаны месторождения алмазов Южной Африки. По-прежнему южные континенты в основном оставались сушей.

В раннемеловую эпоху степень засушливости климата возросла по сравнению с позднеюрской. В позднемеловую эпоху в связи с расширением морской трансгрессии происходит увлажнение климата.

На Восточно-Европейской платформе в меловой период морские условия сохраняются.

Нижнемеловые отложения приурочены к тем же районам, что и верхнеюрские (Подмосковье, Вятско-Камский район, Поволжье). К ним относятся пески, песчаники и глины с богатой фауной аммонитов, белемнитов, двустворок, содержащие фосфорит (Курская, Брянская, Калужская и другие области).

В позднемеловую эпоху происходят прогибания в южной части Восточно-Европейской платформы. В южных синеклизах накапливаются морские осадки с белемнитами и аммонитами. Разрез начинается песчаниками, переходящими в мергели, мелоподобные известняки и писчий мел. В этих породах содержится фосфорит.

В конце мела море отступает, морские условия сохраняются лишь на крайнем юго-востоке — в Прикаспийской синеклизе, где имеются морские отложения этого времени.

В районе Крыма и Кавказа существовало теплое море, на дне которого происходило накопление известняков, мергелей, обломочных пород. В Закавказье оживился вулканизм. Образовались породы вулканического происхождения.

На Западно-Сибирской плите в раннемеловую эпоху сокращается площадь морского осадконакопления. Отлагаются песчано-глинистые осадки. В позднемеловую эпоху в районе Тургайской степи происходят опускания, в результате Урал отделяется от Тянь-Шаня. Море через Тургайский пролив проникает в южную часть. В это время накапливается мощная толща глин, песчаников.

Геологическая история Сибирской платформы в раннемеловую эпоху напоминает обстановку, наметившуюся на этой территории в юрский период. Меловые отложения в Вилюйской синеклизе, Канском и Иркутском прогибах представлены песками, песчаниками с горизонтами углей.

Верхояно-Чукотская геосинклинальная область в раннем мелу переживает главную фазу геосинклинального развития (складкообразование), которая замкнула геосинклинальную область. С гранитными интрузиями связано олово-вольфрамовое оруденение этого района. В позднем мелу Верхояно-Чукотская геосинклинальная область испытывает завершающую фазу развития — возникают горные сооружения.

В меловой период образовались месторождения бокситов Франции, Венгрии, Югославии.

Физико-географические условия мелового периода способствовали изменениям в органическом мире. В раннем мелу появились первые покрытосеменные растения, а в позднемеловую эпоху они распространились очень широко.

В меловой период суша была покрыта разреженными, напоенными солнцем лесами, среди которых сверкали светлые поляны, покрытые пестрым благоухающим ковром цветов. В меловой период впервые зацвели растения. В лесах теплой зоны росли лавры, магнолии, каштаны, секвойи, или мамонтовые деревья, и др. В лесах умеренной зоны росли дуб, береза, ольха, липа и др. Древнейшие из цветковых растений — тополь и магнолия. Секвойя сохранилась до нашего времени только в Америке. Впервые на суше появился травяной покров.

В меловой период дальнейшее развитие получили зубастые птицы (ихтиорнис, гесперорнис).

Появились первые беззубые птицы.

Летающие ящеры были представлены в меловой период гигантским птеронодоном с размахом крыльев 21 м, в это же время появились и получили дальнейшее развитие панцирные, рогатые и утконосые динозавры.

В меловых отложениях находят окаменелые остатки мелких млекопитающих — представителей сумчатых и предков копытных и хищных животных.

В морях мелового периода широко представлены аммониты, белемниты, пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски, морские ежи, шестилучевые кораллы и костистые рыбы. Среди аммонитов появились формы с развернутой и прямой раковинами. Некоторые аммониты мелового периода достигали гигантских размеров. Так, например, раковина аммонита пахидискуса имела диаметр 3 м.

В конце мела вымерли динозавры, ихтиозавры, плезиозавры, птерозавры, зубастые птицы, мезозойские аммониты, количественно сильно сократились белемниты.

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Ефремов И. Дорога ветров. М., Географгиз, 1962.

Рождественский А. К. За динозаврами в Гоби. М., Географгиз, 1957.

Штернберг Ч. Жизнь охотника за ископаемыми. М.-Л., ОНТИ, 1936.

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРА

Кайнозойская эра подразделяется на 3 периода: палеогеновый, неогеновый и антропогеновый.

ПАЛЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

В палеогеновый период в северном полушарии существовали Северо-Американский и Евразиатский материки, разделенные впадиной Атлантического океана. В южном полушарии — обломки Гондваны — современные материки, расчлененные впадинами

Атлантического и Индийского океанов. Молодые складчатые горные сооружения представляли Верхояно-Чукотская и значительная восточная часть Кордильерской геосинклинальной области. Андийская геосинклинальная область в мел и ранний палеоген находится в складкообразовательной стадии развития. Со среднего палеогена она вступила в заключительный этап развития, который продолжается до нашего времени. Альпийско-Гималайская геосинклинальная область переживает главный этап развития. В кайнозое проявилась молодая, или кайнозойская (альпийская), складчатость. Закладывается Восточно-Азиатская и Индонезийская геосинклинальные области. Сохраняются окраинные части Кордильерской и Андийской геосинклинальных областей.

Складчатость в кайнозое сопровождалась обычным внедрением магмы в толщу земной коры и образованием рудных полезных ископаемых. Эти земные богатства имеются во всех горах альпийского возраста. В районах ее проявления образовались месторождения золота, медной, свинцовой, серебряной, вольфрамовой, молибденовой и других руд. В это время образовались месторождения полиметаллических руд Северного Кавказа (Садонское). Неогеновый возраст имеют оловянные руды Боливии.

Палеогеновый период характерен довольно широким распространением морских условий в северном полушарии. Палеогеновая трансгрессия — последнее крупное наступление моря. В палеогене незначительная трансгрессия моря охватила краевые части бывшей Гондваны. Бóльшая часть материка оставалась сушей. В конце палеогена начинается формирование современной гидрографической сети — закладываются долины современных рек, котловины озер и формируются болота.

Климат палеогена был более мягким, чем сейчас, слабее была выражена климатическая зональность. Это подтверждается тем, что границы распространения теплолюбивых растений и организмов в северном полушарии проходила значительно севернее, чем сейчас.

На Восточно-Европейской платформе палеогеновые отложения распространены в южной части — в Украинской, Причерноморской, Прикаспийской синеклизах и по правобережью Волги между Ульяновском и Саратовом.

К палеогену относятся карбонатно-глинистые осадки, характерные для центральных частей синеклиз, по краям переходящие в пески, песчаники, известняки. К морским отложениям палеогена приурочены марганцевые руды Украины (Никопольское месторождение). В северо-восточной части Украинского щита имеются континентальные отложения этого возраста, к которым приурочены месторождения бурых углей (Днепровский бассейн).

Фациальные особенности осадков говорят о том, что южная часть Восточно-Европейской платформы и район Поволжья в палеогене находились под водой. В конце палеогена морские условия сокращаются. В районе Чиатуры (Закавказье), реки Лабы (Север-

ный Кавказ) и полуострова Мангышлак на дне моря образовалась марганцевая руда (пиролюзит).

Западно-Сибирская плита в ранний и средний палеоген прогибается и здесь накапливаются морские глинистые и глинисто-кремнистые (диатомовые глины, диатомиты) осадки. В поздний палеоген Западно-Сибирская плита превращается в заболоченную низменность с многочисленными озерами и болотами. Накапливаются песчано-глинистые осадки и торф.

На Сибирской платформе палеогеновых отложений очень мало. Имеются они лишь в Вилюйской синеклизе и в отдельных межгорных котловинах на юге. Представлены они корой выветривания, к которой приурочены месторождения боксита юго-западного склона Енисейского кряжа.

Верхояно-Чукотская геосинклинальная область в течение палеогена полностью находилась в континентальных условиях. Преобладали процессы денудации. Континентальные отложения приурочены к межгорным впадинам. К ним относятся песчаники, конгломераты, углисто-глинистые отложения с промышленными пластами углей.

В Восточно-Азиатской геосинклинальной области в течение палеогена накопилась огромная по мощности толща морских (песчаники и глинистые отложения) и отчасти континентальных пород, среди которых залегают различного состава эффузивы. Континентальные угленосные отложения этого возраста имеются на Камчатке, Сахалине, в Японии.

В палеогене широкое распространение получили покрытосеменные растения — древесные и травы, появились пресноводные растения.

В связи с широким распространением наземной растительности в палеогеновый период происходит третье, еще более мощное углеобразование, приуроченное к побережью Тихого океана (Северная Америка, Восточное побережье Азии, Австралии); на территории СССР — на Кавказе, Камчатке и Сахалине.

В палеогеновый период развиваются настоящие беззубые птицы.

Развитие цветковых растений благоприятствовало развитию млекопитающих, которые в палеогеновый период заняли господствующее положение. Млекопитающие палеогена представлены примитивными видами сумчатых, хищников (креодонты), копытных (кондиляртра), хоботных, приматов (низшие полуобезьяны). В конце палеогена многие примитивные формы млекопитающих вымерли.

Материком, населенным «живыми ископаемыми», в настоящее время является Австралия. Это объясняется тем, что около 100 млн. лет назад (еще в меловом периоде) Австралия отделилась от других материков, стала изолированной, окруженной со всех сторон морем. С тех пор на материке остались такие древние низшие млекопитающие, как утконос и ехидна.

От пресмыкающихся сохранились лишь крокодилы, черепахи, ящерицы и змеи. Амфибии слабо развиты и представлены мелкими формами современного облика.

В морской фауне ведущая роль принадлежит пластинчатожаберным и брюхоногим моллюскам. В теплых морях продолжается расцвет крупных бентосных фораминифер — нуммулитов, в морях умеренных широт — радиолярий. В конце палеогена нуммулиты вымирают. На это время приходится расцвет диатомовых. Широко представлены шестилучевые кораллы, морские ежи, губки. Продолжается развитие костистых рыб. Они завоевывают морские и пресноводные водоемы. Появляются водные млекопитающие — киты, дельфины, тюлени.

НЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

В альпийскую тектоническую эпоху создаются самые высокие в настоящее время на Земле горы. Альпийско-Гималайская геосинклинальная область, окраинные части Кордильерской и Андийской геосинклинальных областей в неогене находятся на заключительном этапе развития. В Индонезийской и Восточно-Азиатской геосинклинальных зонах геосинклинальное развитие продолжается. Они находятся на главном (складкообразовательном) этапе развития.

Вторично возрожденными глыбовыми горами стали Яблоновый и Становой хребты, хребет Черского, Верхоянские горы, Сихотэ-Алинь, Тянь-Шань, Урал, Алтай, хребты Центрального Казахстана, Саяны, Скандинавские горы, Кордильеры, Анды, Аппалачи, Австралийские Кордильеры и др. Окончательно оформились впадины Атлантического и Индийского океанов. В неоген формируются Байкальская, Телецкая впадины, впадины Средиземного, Черного, Каспийского, Аральского, Красного, Мертвого морей, система Великих африканских грабенов — образуются озера Танганьика, Ньяса, Рудольф и др.

Отложения неогена на Восточно-Европейской платформе представлены континентальными образованиями — песками, глинами, содержащими пресноводную фауну и остатки растений. Встречаются они по левобережью Волги от Общего Сырта до устья Камы и местами в северной части Украины. Из этих данных видно, что Восточно-Европейская платформа в неоген представляла сушу. Море лишь местами заливало южную часть платформы (особенно Прикаспийскую синеклизу).

В неогеновый период в основном образовалась нефть Баку, Майкопа, Грозного, Красноводского плато, полуострова Челекен, Небит-Дага, Западной Украины. Горючий газ этого возраста имеется в Дашаве (Предкарпатье). В Черном море, на территории Керченского и Таманского полуостровов, происходило осаждение железных руд.

В Крымско-Кавказской геосинклинальной области в неогене происходило горообразование — возникли складчатые горы: Крым, Кавказ, Копетдаг, Гиссарский хребет, Памир.

В Закавказье в связи с горообразованием бурно действовали вулканы. Образуются лавы и вулканические туфы Армянского нагорья.

В Урало-Тянь-Шаньской и Монголо-Охотской геосинклинальных областях распространены континентальные отложения неогена, содержащие пресноводную фауну и кости млекопитающих. Западно-Сибирская плита в неогене продолжала оставаться заболоченной низменностью с многочисленными озерами и болотами.

На Сибирской платформе установлены немногочисленные континентальные песчано-галечные и глинистые отложения неогена, что указывает на развитие континентальных условий.

В Верхояно-Чукотской геосинклинальной области в неогене сохраняются континентальные условия. В неогене здесь проявляются разрывные тектонические движения и образуются выступы.

Характер осадконакопления в Восточно-Азиатской геосинклинальной области напоминает осадконакопление палеогена.

В неогеновый период в результате горообразовательных процессов море отступило и территория Советского Союза превратилась в сушу.

Растительность неогена близка к современной. Отличается она только тем, что в ней сохранились отдельные виды, характерные для палеогена. В неогене преобладали хвойные леса: еловые, кедровые, пихтовые. Это было время и широкого распространения травянистой растительности.

В связи с горообразованием и сокращением границ моря в неогене изменился климат. Он характеризовался постепенным похолоданием и все возрастающей зональной дифференциацией и контрастностью. Похолодание не могло не отразиться на растительном мире: число видов тропических растений сократилось, они были отнесены к югу и занимали площади в тех границах, которые существуют сейчас. На смену им пришли менее теплолюбивые растения: сосна, ель, пихта, береза. Особенно резкие изменения произошли в Сибири. К концу неогенового периода здесь наметились растительные зоны, близкие к современным. В Европе и Азии обширные площади занимали леса янтароносных сосен, из окаменевшей смолы которых образовался янтарь. Янтарь встречается на южном берегу Балтийского моря.

В неогене быстро эволюционировали птицы и получили широкое распространение, произошло дальнейшее развитие млекопитающих. В этот период появились и начали развиваться современные и вымершие формы млекопитающих: медведи, гиены, собаки, саблезубые тигры — более крупные и опасные, чем современные тигры (в конце неогена они вымирают), верблюды, козы, овцы, свиньи, газели, антилопы, олени, гиппарионы (трехпалые лошади, вымершие в антропогене); в конце периода появились современные слоны, начали развиваться человекообразные обезьяны. В морях неогена продолжали существовать в основном те же группы животных.

что и в палеогене (вымерли нуммулиты). Наиболее распространены были пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски. Много костистых рыб и акул.

Задание.

Нанесите на контурные карты мира и СССР древние платформы, байкалиды, каледониды, герциниды, киммериды, альпиниды. Закрасьте эти участки соответствующим цветом (как на прилагаемых картах).

АНТРОПОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

В антропогеновый период распределение суши и моря в общих чертах было сходно с современным. Этот период характеризуется преобладанием континентальных условий. В антропогеновый период в южном полушарии все платформенные массивы бывшей Гондваны были разобщены и существовали современные материки южного полушария. Поднятия испытывали горные сооружения, сформировавшиеся в конце неогена.

Наряду с поднятиями происходили погружения отдельных участков земной коры — сформировались впадины Охотского, Японского, Восточно-Китайского морей.

Индонезийская и Восточно-Азиатская геосинклинальные области и сейчас находятся на главном этапе геосинклинального развития. Это наиболее подвижные участки земной коры, где преобладают процессы прогибания, происходит накопление осадков большой мощности, интенсивно проявляется вулканизм, характерна повышенная сейсмичность. Заключительные этапы геосинклинального развития характерны для Альпийско-Гималайской геосинклинальной области. Аналогичные условия характерны и для Андийской геосинклинальной области.

Евразия и Северная Америка соединялись в районе современного Берингова моря. Существовала обширная суша — Берингия, которая служила «мостом» для переселения животных из Азии в Северную Америку и обратно. По этому же пути переселялись древние люди из Азии в Америку.

Антропогеновые отложения представлены обломочными образованиями, прикрывающими в виде плаща нижележащие коренные породы. Это обломочный материал, оставшийся после таяния ледников, отложения рек, атмосферных вод, временных горных водных потоков, ветра. В болотах происходило образование торфа, в озерах и лагунах отлагался обломочный материал или различные соли.

Полезные ископаемые антропогенового периода — щебень, дресва, галечник, гравий, песок, глина, лёсс, суглинок, торф, озерно-болотные железные руды, россыпные месторождения золота, платины, алмазов, оловянной, вольфрамовой руд, драгоценных камней

(рубины, изумруды и другие), отложенные соли — хлориды, сульфаты, карбонаты и др.

Понижение температуры, начавшееся в неогеновый период, продолжалось и в антропогеновый период. Изменение климата тесно связано с горообразованием в конце неогенового периода. Северная часть нашей территории покрылась льдами, подобно современной Гренландии.

Ледник покрыл значительную часть Европы, Азии и Северной Америки. Около 30% территории СССР было занято покровным оледенением. В Сибири имеются следы древнего оледенения на Алтае, в Кузнецком Алатау, Саянах и на Яблоновом хребте. Ледники покрывали также Гренландию и Антарктиду.

На равнинной территории европейской части СССР выделяют три оледенения: окское, днепровское и валдайское. Наиболее крупным считается днепровское оледенение, наименьшую площадь распространения имело валдайское оледенение. Оледенения разделялись межледниковьями с теплым, мягким климатом. Тогда ледники резко сокращались, отступали. Между окским и днепровским оледенениями было лихвинское межледниковье, между днепровским и валдайским оледенениями — микулинское межледниковье. Последнее крупное отступление ледника происходило примерно 11 тыс. лет назад (начало современного времени). Для горных областей выделяют также три оледенения: миндельское, рисское и вюрмское. Межледниковья соответственно называют миндель-рисским, рисс-вюрмским.

Во время оледенений северная часть территории СССР, покрытая льдом, была лишена растительности. Южнее располагались зоны тундры, степи и тайги. В тундре развивались мхи, лишайники (особенно «олений мох»), карликовая ива, карликовая береза. Тундра постепенно переходила в травянистую степь, где также росли кусты ивы, березы, вереска, можжевельника. Зона тайги состояла из хвойных и лиственных лесов.

Неоднократное чередование в антропогене холодных и теплых периодов отразилось и на развитии органического мира. Животные начала антропогена очень близки к животным неогена. В Европе в то время обитали дикие лошади, носороги, бегемоты, слоны.

После окского оледенения состав фауны изменился. Для этого времени характерны пещерные львы, пещерные медведи, пещерные гиены, гигантские олени, сайгаки, носороги, слоны, бегемоты.

В днепровское оледенение зона тундры располагалась значительно южнее, чем теперь. В неприветливой, холодной тундре, покрытой мелколесьем, болотами и озерами, обитали мамонты, шерстистые носороги, овцебыки, олени. Вымерли древние слоны, пещерные львы, пещерные медведи.

В начале современного времени вымерли мамонт, шерстистый носорог, пещерный медведь, пещерный лев и другие животные, характерные для ледникового периода. Оставшийся с того времени органический мир близок к современному. Бизоны сохранились в

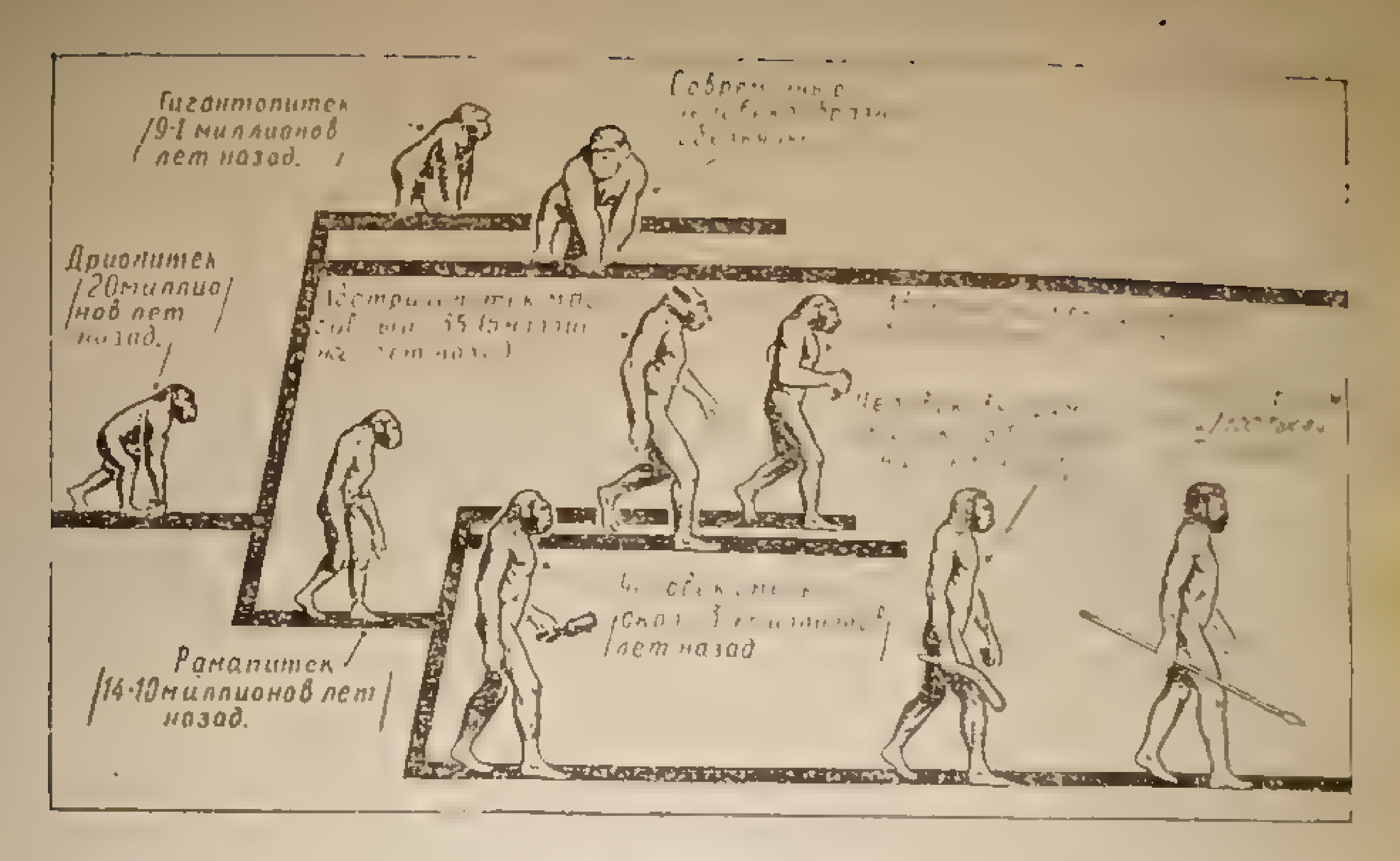


Рис. 36. Родословное «древо» человека

Белоруссии, Закавказье, Польше и Канаде; овцебык обитает в приледниковых тундрах Гренландии и островов северного побережья Америки, сайгаки живут в степях.

Характерная особенность антропогенового периода — появление и развитие человека.

Древнейшие предки людей. 20 млн. лет назад в неогеновый период появился общий предок человека, человекообразных обезьян и гигантопитеков — дриопитек (рис. 36). Дриопитеки были найдены в Африке, Индии, Китае, Австрии, во Франции.

14 млн. лет назад линия дриопитеков разделилась на три ветви: на предков современных больших обезьян — горилл, шимпанзе и орангутангов, на гигантопитека и на рамапитека. Гигантопитеки в последующем вымерли.

Около 3,5—4 млн. лет назад линия человекообразных разделилась на австралопитеков и на «человека умелого». Около 1,6 млн. лет назад линия «человека умелого» дала «человека выпрямленного» и 100 тыс. лет назад — «человека разумного».

Рамапитек стоит у самых истоков расхождения путей человека и австралопитека. Зубы рамапитека гораздо ближе по строению к другим человекообразным, чем к обезьянам. Рамапитек с трудом передвигался на двух ногах, но все же для него характерно прямохождение. По определению Ф. Энгельса, «этим был сделан решающий шаг для перехода от обезьяны к человеку». Рамапитеки найдены в Кении, Индии, Пакистане, на Ближнем Востоке и в Центральной Европе.

Австралопитеки образовали две ветви: австралопитек африканский и австралопитек массивный.

Австралопитеки, неуклюжие, волосатые, с широким обезьяноподобным лицом, с выступающими вперед огромными челюстями и покатым лбом, невелики ростом, приблизительно с мелких шимпанзе, с зубами, сходными по размеру с зубами современного человека. Объем мозговой коробки превосходил размером мозг обезьяны, но был значительно меньше человеческого (450—550 см³). Для них характерно прямохождение — они передвигались на двух ногах. У них много сходства с современными человекообразными обезьянами. Древесный образ жизни у австралопитека сменился наземным. Австралопитек мог взять в руку камень и кинуть его, убить палкой птицу или мелкое животное, разрыть нору и задушить грызуна. Австралопитеки употребляли природные предметы (камни, кости животных, палки) в качестве орудий, но не изготовляли их, т. е. оставались животными. Австралопитеки 1,5 млн лет назад вымерли.

На рубеже неогенового и антропогенового периодов появился «человек умелый».

Человекообразное существо «человек умелый» имел объем черепа 700 см³ и очень развитые руки, зубы больше похожи на человеческие. Он обладал галечными орудиями (гальки с отбитым краем). «Человек умелый» уже обрабатывал камни, скалывая их, и, таким образом, перешел грань, отделяющую животное от человека. Произошел переход от «использования орудий» к «изготовлению орудий». «Человек умелый» начал изготовлять орудия труда и охотиться.

Появление и развитие человека обусловливалось сочетанием тектонических и палеогеографических факторов и внутренними законами эволюционного развития.

Древнейшие люди — архантропы. Древнейшими людьми были питекантропы и синантропы (рис. 37, 38), входящие в группу «человек выпрямленный».



Рис. 37. Питекантроп

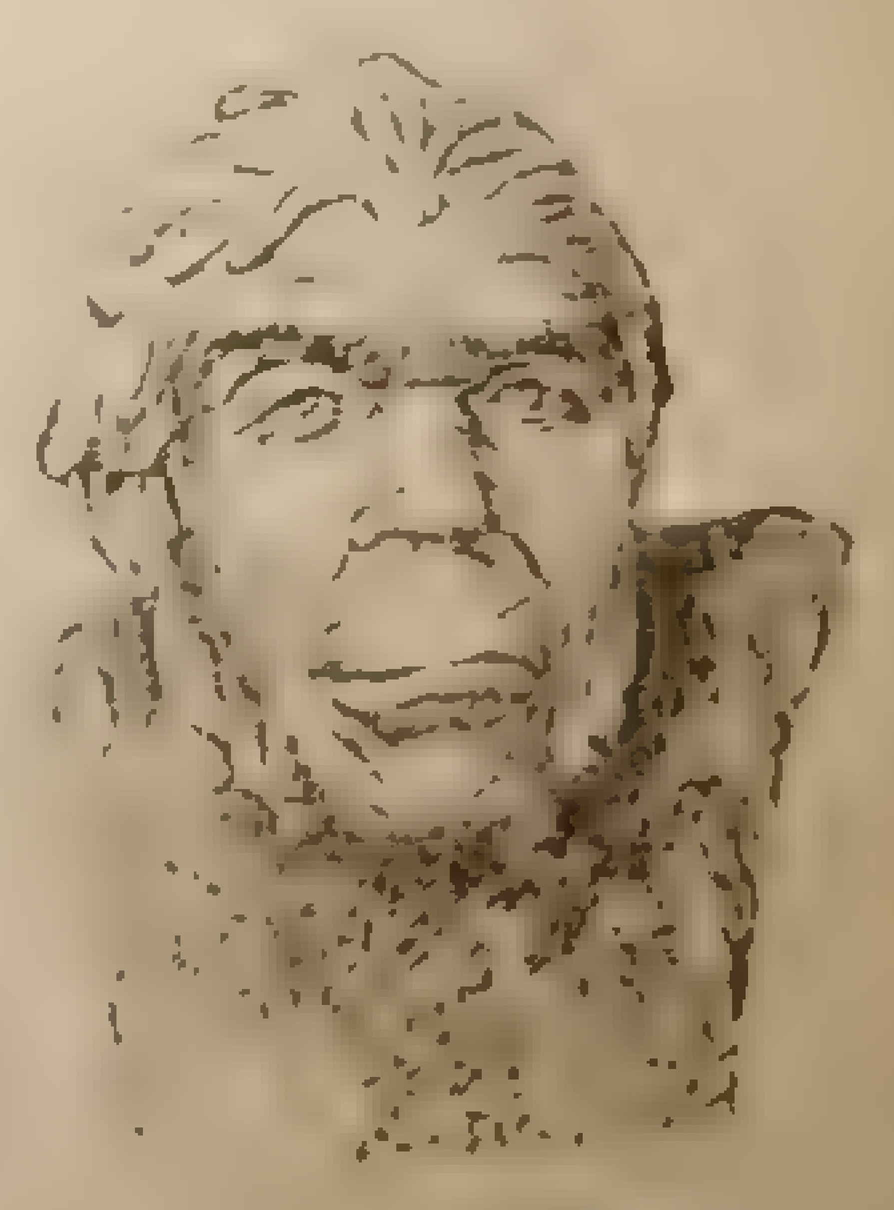


Рис. 38. Синантроп


Рис. 39. Неандерталец

Древнейшие люди изготовляли грубые каменные орудия и охотились с помощью примитивных каменных орудий.

Питекантропы, невысокие, с небольшим мозгом, очень покатым лбом, сильно выдающимся надбровным валиком, передвигались на полусогнутых ногах. Это были существа, вставшие на ноги, разогнувшие спину и освободившие для работы руки. Представителям последующих стадий эволюции человека они уступали по вместимости мозговой коробки. Размеры мозга были промежуточными между обезьяньим и человеческим. Зубы у питекантропа были подобны человеческим, но имели массивные размеры. Нижняя челюсть, как у обезьян, была без подбородочного выступа и очень мощная. Питекантропы выделывали примитивные орудия из камня и охотились с их помощью. Свой рацион они пополняли мясной пищей. Питекантропы найдены в Азии, Европе и Африке.

Синантропы также были среднего роста, приземисты и довольно неуклюжи, имели небольшой мозг (немного больше мозга питекантропа), тоже покатый лоб и крупный надбровный валик, но синантропы уже пользовались орудиями определенного назначения, коллективно охотились, умели пользоваться огнем, но еще не умели добывать его. Синантропы ели не сырое, а жареное мясо. Синантропы жили в пещерах, где неугасимо горел случайно зажженный огонь.

Древние люди — палеоантропы. Костные остатки палеоантропов найдены в Европе, Азии, Африке. С ними находят и каменные орудия. К этому типу относятся неандертальцы (рис. 39).

Неандертальцы были также невысокими, широкоплечими, скелет имели грубый, массивный, надбровный валик огромный, лоб низкий, покатый, челюсти большие, тяжелые, зубы крупные, подбородок срезанный. Неандертальцы были очень сильные и ловкие. Ноги у неандертальцев были короче, чем у современного человека, а руки — длиннее, но по объему мозга они не уступали современному человеку, иногда даже превосходили его, однако их мозг был устроен примитивнее, чем у современного человека. Лобные доли мозга были невелики. Мозг составлял в среднем 1400 см³. Неандертальцы создавали довольно сложные каменные орудия — скребла, остроконечники; они также использовали костяные орудия. Одевались в звериные шкуры. Жили они в пещерах большими семьями, добывали огонь, умело охотились на мамонтов и других животных.

Люди неандертальского типа найдены в СССР в 1938 г. в пещере Тешик-Таш (Узбекистан), в 20-х годах — в Саратовской области, под Хвалынском.

Современные люди — неоантропы. Неандертальца сменил человек современного типа — кроманьонец («человек разумный») со сложным мозгом, почти прямым лбом, с хорошо развитым подбородочным выступом и без надбровных дуг. Кроманьонцы — наши ближайшие предки. Кроманьонец пользовался каменными, костяными и роговыми орудиями, шил одежду из звериных шкур, строил жилища. Человек современного типа возник в Старом Свете, затем он расселился из Азии в Австралию, через Аляску — в Северную, а оттуда в Южную Америку.

В процессе эволюции особенно развивались участки мозга, управляющие речью, способностью мыслить и трудиться. У человека постепенно развивались лобные доли мозга. Одним объемом человеческого мозга нельзя определять умственные способности. Нельзя забывать и о том, что человечество развивалось под влиянием не только биологических факторов, но и социальных условий. Человек, пройдя целый ряд стадий общественного развития, достиг высокого совершенства.

Задания.

1. Расположите в хронологическом порядке изученные окаменелости. 2. Проанализируйте геологический разрез своей области (края, республики). 3. Изучите геологическую историю своей области (края, республики). Соберите и изучите окаменелости своей местности и области (края, республики). Оформите коллекцию «Окаменелости нашей области».

ИНТЕРЕСНЫЕ И ПОЛЕЗНЫЕ КНИГИ

Аугуста И., Буриан З. Книга о мамонтах. Прага, 1962.
Эйдельман Н. Ищу предка. М., Молодая гвардия, 1970.
Аугуста И., Буриан З. Жизнь древнего человека. Прага, 1963.
Рони-старший. Борьба за огонь. Повесть. М., Детская литература, 1966.
Рони-старший. Вамирэх. Повесть. М., Географгиз, 1959.
Йозеф Бринке. Окно в каменный век. М., Мысль, 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

Основные понятия из палеонтологии

Геологическое прошлое Земли

История развития Земли

Приложение
цветные карты и геохронологическая таблица